
UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 00837806 9

Les Problèmes de la Vie

Essai d'une interprétation scientifique des phénomènes vitaux

par le

Dr. ERMANNO GIGLIO-TOS

Professeur de Zoologie, d'Anatomie et de Physiologie comparées
à l'Université de Cagliari

IIe PARTIE

—

La fécondation et l'hérédité



CAGLIARI
CHEZ L'AUTEUR — À L'UNIVERSITÉ

—

1905

Imprimerie Pierre Gerbone - Turin

PRÉFACE

Le but que je me suis proposé dans l'exécution de ce travail, et qui est d'interpréter les phénomènes fondamentaux de la Biologie par des principes vraiment scientifiques, sans recourir à des hypothèses spéciales, ce but, j'ose espérer l'avoir également atteint dans cette partie, où j'aborde les questions peut-être les plus ardues et les plus compliquées de la Biologie actuelle.

Le phénomène chimique de l'addition biomoléculaire, que je pose comme cause fondamentale de la fécondation, et d'où tous les autres phénomènes complexes et toutes les manifestations qui ont soulevé de nos jours tant de discussions, découlent tout naturellement comme des conséquences logiques et nécessaires, ce phénomène, dis-je, est, lui aussi, de la plus grande simplicité ; il est commun aux substances brutes, et nous ne saurions, par suite, le refuser à la matière vivante.

Il ne s'agit donc point ici d'une hypothèse spéciale, mais d'une réaction chimique des plus simples. Que les Biologistes soient disposés à admettre ce seul phénomène, et ils verront se résoudre d'elles-mêmes toutes les questions relatives à la maturation des cellules sexuelles, à la fécondation, à l'hérédité. Tous les phénomènes les plus complexes en apparence, ceux de

la réduction du nombre des chromosomes, de la formation des tétrades, de l'élimination des globules polaires, de la nature et de la valeur des cellules sexuelles, de la nécessité de leur union, tous reçoivent de ce simple phénomène chimique une explication satisfaisante et rationnelle sans qu'il soit nullement besoin de recourir à ces interprétations artificieuses dont il me semble qu'on abuse par trop aujourd'hui.

Cagliari, 15 Décembre 1904.

Dr. ERMANNO GIGLIO-TOS.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE IV.

L'addition biomoléculaire.

CHAPITRE V.

L'addition biomoléculaire externe.

CHAPITRE VI.

La maturation des cellules sexuelles et l'addition biomoléculaire interne.

CHAPITRE VII.

La fécondation.

INTRODUCTION A LA IIIe PARTIE

Pourquoi l'oeuf, cette cellule des organismes, aussi bien constituée, aussi bien vivante que toutes les autres, capable même de donner origine à un autre individu, ne peut-elle le faire, dans la plupart des cas, sans l'action d'une autre cellule, du spermatozoïde? Qu'est-ce en somme que la fécondation?

On doit avouer que toutes les interprétations qui se succédèrent jusqu'à nos jours, celles mêmes qui, à un point de vue très général, expliquent plus ou moins exactement quelques-uns des phénomènes biologiques, échouent néanmoins complètement lorsqu'elles abordent l'interprétation de cette importante fonction des êtres.

Malheureusement, les dernières notions que nous venons d'acquérir sur les phénomènes intimes caractérisant la maturation des cellules sexuelles, n'ont pas contribué à l'éclaircissement ou à la solution de la question. On dirait même que la connaissance de ces phénomènes a augmenté les difficultés du problème général en constituant par elles-mêmes autant de problèmes secondaires qui, au lieu d'en faciliter la solution, l'ont entravée et rendue d'une complication extraordinaire. Et pourtant il est sûr que si la découverte des faits nouveaux était désirable pour l'interprétation exacte de la fécondation, ces faits ne pouvaient être, sans aucun doute, que ceux mêmes qui se rattachent directement à la formation des éléments sexuels!

Il est *a priori* très évident que la préparation et la maturation des cellules sexuelles, la réduction du nombre de chromosomes, les deux divisions successives précédant la formation des gamètes, la nécessité de l'union de ces derniers doivent être des phénomènes formant par leur ensemble une chaîne continue et unique, une série dans laquelle chaque fait est à la fois la cause du suivant et l'effet du précédent. Et s'il en est ainsi, on conçoit facilement que toute interprétation ne pourra être exacte que si elle arrive à expliquer tous les phénomènes de cette série par la simple explication du fait premier, qui est la cause fondamentale de tous les autres.

Or, si nous examinons attentivement toutes les interprétations qui ont été proposées jusqu'ici, nous pourrons facilement constater que les Biologistes se sont moins préoccupés de la recherche de cette cause fondamentale que de l'explication de chaque phénomène, considéré à lui seul, tout comme s'il était indépendant des autres. D'où naturellement ces interprétations, d'une part, artificieuses et téléologiques, de l'autre insuffisantes pour l'explication de tous les phénomènes ayant rapport au problème général de la fécondation.

C'est ce qu'on ne pourra, je l'espère, reprocher à l'interprétation que je vais exposer dans cette partie de mon travail.

La fécondation n'est pas une fonction qui puisse avoir son but dans la variabilité et l'amélioration de l'espèce. Si même on pouvait démontrer que ceux-ci sont des effets provenant d'elle (ce qui jusqu'ici n'a pas été fait) on ne pourrait par là considérer ces effets comme les causes du phénomène. La fécondation doit être envisagée comme une nécessité fatale de la vie des êtres; et comme elle consiste dans l'union des deux gamètes, il est naturel et logique de rechercher la cause de cette union dans le mode de formation de ces gamètes, c'est-à-dire dans les phénomènes intimes qui caractérisent leur maturation.

La cause fondamentale de la fécondation doit donc résider dans la cause même de la maturation des gamètes. Tous les

autres phénomènes n'en sont que des conséquences nécessaires et inévitables.

Après un exposé très bref (chap. I) où je démontre que dans tout organisme doivent exister des cellules capables de régénérer un autre organisme de la même espèce, sans quoi celle-ci disparaîtrait inévitablement, je passe dans le chap. II à l'examen des conditions nécessaires pour que ces cellules, que j'appelle génétiques, puissent acquérir la faculté de cette régénération.

L'examen de ces conditions nous démontre que si la régénération d'un autre individu aux dépens d'une cellule seule n'est pas impossible, elle est du moins très difficile. Il ne s'agit, en dernière analyse, que d'un phénomène d'assimilation; mais celle-ci ne peut se faire qu'à l'aide de biomolécules mêmes des deux sexes, d'où l'addition biomoléculaire et les conséquences qui en dérivent (chap. III).

L'addition biomoléculaire ! Voilà le phénomène fondamental de la fécondation, la cause première de tous les autres phénomènes. Elle n'est qu'une réaction chimique de la plus grande simplicité entre les biomolécules constituant les cellules génétiques; et cependant elle suffit pour expliquer jusque dans leurs moindres détails, toutes les intéressantes manifestations accompagnant la fonction de la reproduction sexuelle.

Mais comme dans l'examen des phénomènes biologiques il faut considérer tous les modes possibles dont ils peuvent s'accomplir, il en résulte la nécessité de distinguer deux sortes d'addition biomoléculaire : l'externe et l'interne (chap. IV).

L'addition biomoléculaire externe chez les êtres unicellulaires et pluricellulaires, avec toutes les conséquences et les manifestations visibles dans les gamètes et dans leurs noyaux, est examinée au chap. V.

L'addition biomoléculaire interne, qui nous amène à l'explication des phénomènes caractéristiques et intéressants de la maturation des cellules sexuelles, de la synapsis, de la réduction du nombre des chromosomes, de la formation des té-

trades, des deux cytodiérèses successives, de l'émission des globules polaires est le sujet du chapitre VI.

Conséquence ultime et nécessaire de l'addition biomoléculaire est la fécondation. La nature vraie et intime de cette fonction devient très logique, très naturelle et compréhensible par les effets mêmes de l'addition biomoléculaire. C'est ce qui ressort évidemment des considérations du chap. VII.

Le chapitre VIII est consacré à l'étude de l'hérédité. Cette propriété, qu'on considère généralement comme caractéristique des organismes, n'est au contraire, dans notre interprétation, qu'une propriété générale de tous les corps, de la matière brute même. Elle est inhérente à la reproduction, car celle-ci ne pourrait exister sans elle. (Comme dans cette partie de mon travail, je ne traite pas de la variation, il est entendu que je ne parlerai de l'hérédité de la variation que dans la partie suivante (IVe Partie).

On voit dans le chapitre IX que notre interprétation nous donne une explication scientifique de la dichogamie, de l'hermaphroditisme et de l'unisexualisme. C'est dans les conditions mêmes qu'exige l'addition biomoléculaire que nous trouvons la cause naturelle de ces phénomènes.

Le chapitre X est consacré à l'intéressante parthénogénèse. Après une distinction, dont la nécessité s'impose, entre l'hétérogénèse et la parthénogénèse, après quelques considérations sur la métamorphose et la métagénèse, je passe à considérer la vraie parthénogénèse, que je distingue en normale, fausse et arrhénotoque. C'est dans l'examen de cette dernière que reçoit son interprétation très simple et rigoureuse l'intéressante parthénogénèse des abeilles.

L'origine des caractères sexuels secondaires est envisagée, au chapitre XI, à un point de vue spécial dépendant de la nature même de notre interprétation. Celle-ci nous permet de la concevoir plus aisément et d'interpréter plus exactement certains phénomènes accompagnant la castration.

Enfin le chapitre XII est consacré à l'étude du rajeunis-

sement des Infusoires. L'interprétation que j'y propose du corps de ces animaux nous permet de les comparer parfaitement, dans leur structure morphologique aussi bien que dans leur physiologie, aux Métazoaires. D'où une comparaison aussi parfaite entre la fécondation de ces derniers et le rajeunissement de ces Protozoaires.

Chapitre I.

Les cellules somatiques et les cellules génétiques.

SOMMAIRE : La mort des organismes est fatale — Ses causes intimes — Les étroits rapports entre les cellules et le milieu interne — Nécessité de la reproduction — Les cellules somatiques et les cellules génétiques.

Nous avons vu dans la IIe partie de cet ouvrage que, si l'on fait abstraction de toutes les productions morphologiques et histologiques, caractérisant les différents organismes, l'ontogénèse se réduit, en dernière analyse, à la succession ininterrompue de lignées cellulaires, plus ou moins nombreuses, dérivant de l'oeuf. Ce sont les cellules de ces lignées qui, par leurs différenciations histologiques, et morphologiques, constituent les organes, et, par suite, l'organisme tout entier.

Nous savons encore que la vie de l'organisme n'est possible qu'en tant que les cellules qui le constituent, forment par leur ensemble un système symbiotique, c'est-à-dire en tant que ces cellules s'entr'aident réciproquement en produisant des substances qui, directement ou indirectement, peuvent servir à la nutrition des autres cellules.

On peut donc prévoir facilement, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer dans le chapitre XII de la IIe partie, que la série de ces lignées cellulaires, quelque longue qu'elle puisse être, aura néanmoins une limite, c'est-à-dire qu'il arrivera nécessairement une phase de la vie où deux choses seront possibles : ou bien les lignées cellulaires ne pourront donner lieu à

d'autres lignées, ou bien encore les cellules constituant l'organisme ne formeront plus par leur ensemble un système symbiotique.

Évidemment, dans chacun de ces deux cas, la vie ne sera plus possible, et l'organisme périra. La mort est donc une conséquence nécessaire, inévitable de la vie même, telle que je la considère dans mon interprétation, et on comprend encore parfaitement comment les limites de la vie sont déterminées dans chaque organisme et intimément subordonnées à la constitution du corps.

Mais en disant que la série des lignées cellulaires, c'est-à-dire des transformations chimiques qu'elles représentent, a une limite, je ne veux pas dire que ces transformations cessent absolument. Elles continuent au contraire, mais leur résultat ne peut plus constituer la vie de l'organisme.

La conception de la vie de l'individu n'est pas liée seulement aux transformations continuelles des parties qui les forment, mais à ces transformations chimiques en tant qu'elles forment toujours un système symbiotique.

Les partisans des théories vitalistes, quelle que soit la signification qu'on veuille donner à ce mot, croient trouver, dans les transformations chimiques que la substance vivante subit après la mort, une preuve en faveur du vitalisme. Ils voient dans les réactions chimiques caractérisant la vie les effets d'une force ou d'une énergie vitale spéciale, et les transformations chimiques que subit la substance vivante après la mort, seraient, d'après ces Biologistes, les transformations mêmes que cette substance subirait si elle était soustraite à l'action de cette énergie.

Mais nous pouvons nous convaincre facilement que cette hypothèse n'a pas de raison d'être et que le raisonnement tendant à démontrer sa nécessité n'a que l'apparence de la logique.

En effet, nous savons que la nature des réactions chimiques dépend avant tout de la constitution chimique des substances

réagissantes. Il est donc évident que, dans l'organisme vivant, les réactions chimiques caractéristiques de la vie, dépendent étroitement de la constitution chimique des cellules d'une part, et de celle du milieu interne de l'autre.

Or, tant que ce milieu interne se conserve favorable à ces espèces de réactions, celles-ci continueront à se produire, et cela, sans la moindre nécessité d'une énergie spéciale. Mais dès que ce milieu changera, quoi de plus naturel que les réactions chimiques changent, elles aussi?

Si donc, après la mort, les réactions chimiques de la substance jadis vivante, sont bien différentes de celles qui caractérisent la vie, cela est dû tout simplement à ce fait, que les biomolécules n'étant plus soumises à l'action du milieu interne, mais à celle du milieu externe, elles subiront les transformations chimiques que celui-ci pourra induire dans leur constitution.

Nous devons en somme nous rappeler toujours que, ainsi que toutes les réactions chimiques de la substance brute, celles de la substance vivante aussi sont dépendantes de la nature des corps réagissants, et que les réactions caractéristiques de la vie ne sont possibles qu'en tant qu'existent les conditions intrinsèques et extrinsèques, comme je l'ai démontré au chapitre I de la Ie partie de cet ouvrage. Mais ces conditions n'exigent nullement l'hypothèse d'une énergie spéciale.

Quoi qu'il en soit, ce que nous devons constater ici, c'est simplement ce fait: que la série des lignées cellulaires de l'organisme ne pouvant être indéfinie, elle aura une limite, et que, par suite, l'organisme périra.

Or, si la mort de l'organisme était suivie de la mort de toutes, absolument toutes les cellules qui le forment, évidemment cet organisme disparaîtrait sans laisser des réprésentants de son espèce. Mais si cela n'arrive pas, c'est qu'avant la mort de l'organisme, des cellules spéciales de son corps ont la faculté de donner origine à d'autres individus de la même espèce.

C'est par ce mode, nous le savons, que, malgré le phénomène général de la mort, l'espèce se conserve et que la vie peut se perpétuer sur la terre.

On doit donc distinguer dans tout organisme deux sortes de cellules : les cellules incapables de régénérer l'organisme et constituant son corps, son *soma*, les cellules somatiques, en somme, destinées inévitablement à la mort ; et les cellules capables de régénérer un organisme semblable à celui même dont elles dérivent, les cellules génétiques ou reproductrices, lesquelles évidemment ne périssent jamais, du moins virtuellement.

Il s'agit maintenant de voir comment ces cellules acquièrent cette faculté reproductive. Il s'agit en peu de mots d'expliquer les phénomènes de la reproduction.

C'est ce que je vais tenter de faire dans les chapitres suivants.

Chapitre II.

La reproduction asexuelle.

SOMMAIRE : Que'est-ce que la reproduction ? — Les cellules génétiques et leurs transformations — La nature de ces cellules — Le moment génétique et la phase génétique — La période progénétique — Le soma et ses parties progénétique et métagénétique — La reproduction asexuelle et ses conditions — Examen de ces conditions – La reproduction et l'assimilation — Les milieux internes et leur importance — La période de préparation biomoléculaire — La période de maturation biomoléculaire — Les cellules paragénétiques — La cause de la multiplication — Résumé.

Faisons maintenant abstraction des cellules somatiques et considérons seulement les cellules génétiques.

Comment se fait-il que ces cellules acquièrent la faculté de reproduire, dans certaines conditions, un organisme semblable à celui dont elles dérivent ? Comment peut-on expliquer, sans recourir à des hypothèses spéciales, l'intéressant phénomène de la reproduction et de l'hérédité ?

Je crois qu'il y a un mode très simple de résoudre cet important problème.

Puisque tout l'organisme et les propriétés qui le caractérisent, sont dérivés de l'oeuf, c'est-à-dire de la constitution bioplasmatique et deutoplasmatique de cette cellule, il est évident que si l'on suppose que des cellules, dérivant de sa segmentation, puissent arriver à acquérir une constitution bioplasmatique et deutoplasmatique égale à l'oeuf dont elles dérivent, ces cellules, placées dans les mêmes conditions, devront jouir de la même potentialité que l'oeuf, et, par suite, produire, elles aussi, autant d'organismes semblables à celui

même dont elles dérivent. Quoi, en effet, de plus naturel, de plus simple et de plus logique que deux oeufs de la même constitution, placés dans les mêmes conditions, donnent lieu, par leur développement ontogénétique, à deux organismes semblables ? Quoi de plus scientifiquement exact que d'admettre que des phénomènes égaux dérivent de causes, elles aussi, égales, si les conditions dans lesquelles ils s'accomplissent sont les mêmes ?

On comprend facilement que, par ce mode d'interprétation, la reproduction et l'hérédité perdent tout leur caractère énigmatique et vitaliste pour tomber dans le domaine des phénomènes les plus communs de la matière. Dès lors, la réapparition des caractères du progéniteur dans la progéniture à des époques et à des endroits bien déterminés, ce phénomène qui nous frappe si vivement, et nous paraît exclusivement propre aux êtres vivants, n'est pas plus surprenant que la répétition de phénomènes quelconques physiques, chimiques ou mécaniques de la matière brute dans des conditions parfaitement égales. Dès lors, l'hérédité, n'exige plus aucune explication. On devrait au contraire être très étonné si cette réapparition des caractères n'avait pas lieu, car ce serait une exception aux lois générales de la matière.

Il s'agit de voir comment peut se faire cette reconstitution d'un oeuf égal à celui-là même dont les cellules génétiques dérivent. Il s'agit en somme de démontrer comment certaines cellules de l'organisme, les cellules génétiques, peuvent revenir à leur point de départ c'est-à-dire acquérir une constitution égale à celle qu'avait l'oeuf dont elles-mêmes sont issues.

Or, pour résoudre cette question, nous n'avons que deux voies à suivre: 1°) en supposant que les cellules génétiques de l'oeuf jusqu'à la formation d'un oeuf nouveau ne subissent point de transformations et, par suite, qu'elles conservent toujours la même constitution qu'avait l'oeuf même dont elles dérivent; 2°) en supposant au contraire qu'elles, aussi bien que les autres cellules, subissent des transformations de telle

sorte qu'elles acquièrent une constitution différente de celle de l'oeuf.

Examinons donc laquelle de ces deux voies nous paraît la plus apte à la solution de tous les problèmes se rattachant aux phénomènes de la reproduction, de la fécondation et de l'hérédité.

En se posant cette même question, WEISMANN a tenu la première de ces deux manières de voir pour la bonne et en a fait la base de sa théorie bien connue de la « Continuité du plasma germinatif » (1). L'immutabilité du plasma germinatif est donc le caractère distinctif de cette théorie, et je dirais même que celle-ci n'a droit d'exister comme théorie qu'en tant que cette immutabilité en forme la base. Car si par « continuité du plasma germinatif » nous entendons seulement la dérivation des cellules génétiques par une série ininterrompue plus ou moins longue de lignées cellulaires dérivant de l'oeuf, alors nous sommes en présence, non d'une théorie, mais d'un phénomène réel. On ne peut douter, en effet, que les cellules génétiques dérivent, elles aussi, des cellules de segmentation de l'oeuf!

Sans avoir la moindre intention de critiquer la théorie de WEISMANN, je dois néanmoins avouer que je ne puis partager son opinion. La première de ces deux hypothèses non seulement n'est pas scientifiquement probable, mais elle se heurte encore à plusieurs difficultés graves dans l'explication des phénomènes de l'ontogénèse et de la fécondation.

Il est en effet évident que, si les cellules génétiques conservent leur constitution immuable pendant toute la série des cellules les amenant de l'oeuf jusqu'à la formation d'un autre oeuf, elles devraient être capables de produire un organisme nouveau à n'importe quelle phase de l'ontogénèse et de la vie,

---

(1) WEISMANN A. — *Essais sur l'Hérédité et la Sélection naturelle.* Paris 1892, IV. — La continuité du plasma germinatif comme base d'une théorie de l'hérédité, p. 166.

ou du moins elles devraient jouir de la faculté reproductrice, même sans fécondation préalable, et sans l'élimination des globules polaires.

Je sais bien que Weismann crut surmonter ces difficultés en donnant des interprétations spéciales à l'émission des globules polaires et à la fécondation; mais je ne crois pas que ces interprétations puissent être acceptées, soit à cause de leur insuffisance pour l'explication de tant d'autres phénomènes, soit à cause de leur caractère trop téléologique et, par suite, peu scientifique.

En laissant de côté la première des deux hypothèses susdites, il ne nous reste donc qu'à examiner la seconde, dans laquelle nous trouverons toutes les conditions nécessaires pour l'explication des phénomènes se rattachant à cette intéressante question, et cela, nous le verrons, sans être forcés de recourir à des hypothèses spéciales, et d'introduire dans notre interprétation la moindre conception finaliste.

Nous supposerons donc que la constitution bioplasmatique des cellules génétiques subisse des changements chimiques, c'est-à-dire qu'elle se transforme lentement et progressivement à travers toutes les générations cellulaires qui de l'oeuf l'amènent jusqu'à la formation des oeufs ou des spermatozoïdes. La supposition de cette transformation est d'ailleurs implicitement incluse dans l'interprétation même de l'ontogénèse, telle que je l'ai exposée dans la II[e] partie de ce travail.

Nous avons vu en effet que, dès la première division, l'oeuf subit une transformation chimique et que les deux premiers blastomères non seulement sont différents entre eux, mais encore différents de l'oeuf, et que cette différence va en augmentant à mesure que la segmentation progresse. Et comme toutes, absolument toutes les cellules formant le futur organisme dérivent de l'oeuf et, par suite, des cellules de segmentation, les cellules génétiques dériveront, elles aussi, de celle-ci. Il est donc impossible d'admettre, dans mon interprétation, que les cellules génétiques ne subissent point de changements.

Il est vrai que dans certains cas spéciaux, d'ailleurs très rares, nous pouvons reconnaître dès les premiers moments de la segmentation, les cellules qui deviendront plus tard les cellules génétiques; mais cela ne prouve pas que ces cellules, quoique déjà reconnaissables parmi les autres, n'aient pas subi de changements internes chimiques. Cela prouve seulement que, dans ces cas, la différenciation histologique de ces cellules commence assez tôt pour que nous puissions nous en apercevoir et les suivre dans leur évolution ultérieure.

Mais dans la plupart des cas, les cellules génétiques dérivent de cellules spéciales du corps à une époque et à des endroits bien déterminés.

Quoi qu'il en soit, cela n'a pas d'importance, car nous verrons que mon interprétation peut se passer parfaitement de toutes ces différences et expliquer les phénomènes de la reproduction dans tous les cas possibles.

Prenons donc notre point de départ de l'oeuf.

Celui-ci donne origine, par sa segmentation, à un nombre plus ou moins grand de cellules, lesquelles, comme nous le savons, s'acheminent, d'après le mode de développement que nous avons appelé monodique, et qui est la base de mon interprétation de l'ontogénèse, vers un seul point, la phase limite de l'évolution de l'oeuf, où elles arriveraient toutes successivement, si des causes spéciales ne les détournaient de leur route, pour leur imprimer une autre direction.

Ces causes, nous l'avons vu, sont les substances chimiques constituant le milieu interne. Elles sont produites par la probiose des cellules mêmes de segmentation, c'est-à-dire de la première lignée, et servent de nourriture aux cellules de la 2e lignée. Celles-ci à leur tour, en produisant d'autres substances, provoquent par leur probiose le développement d'une 3e lignée cellulaire etc. ainsi que je l'ai exposé dans la IIe partie de cet ouvrage.

De cette manière, la constitution bioplasmatique des cellules, en même temps qu'elle s'éloigne de plus en plus de la con-

stitution primitive de l'oeuf, se rapproche aussi de plus en plus de la différenciation définitive histologique qu'elle doit atteindre.

Mais quelle que soit cette différenciation, il est évident qu'elle dépend, d'une part, de la constitution bioplasmatique de la cellule qui est le point de départ des lignées cellulaires aboutissant à elle, et d'autre part, de la constitution chimique du milieu interne à l'époque où cette cellule paraît dans l'embryon. Sans le concours de ces deux conditions concomitantes, la différenciation ne pourrait avoir lieu.

Il en sera donc de même pour la formation des cellules génétiques, qui doit d'ailleurs être considérée comme une différenciation histologique spéciale mais ne différant pas substantiellement des autres.

Supposons donc, pour mieux concréter nos idées, qu'après un certain nombre de lignées cellulaires, dérivant de l'oeuf, on arrive à une lignée N, et que, dans cette lignée, fasse son apparition une cellule p^n, laquelle en présence de substances spéciales du milieu interne x^n soit détournée de sa route primitive et acheminée dans une nouvelle direction qui l'amènera à se différencier en cellule génétique. Cette cellule p^n deviendra donc, ou pour mieux dire, les cellules dérivant de celle-ci deviendront autant de cellules génétiques.

Ici nous devons nous arrêter quelque peu sur des considérations que je crois très importantes pour la compréhension exacte des phénomènes et de la signification des mots que nous devons employer dans ce livre.

Il faut remarquer qu'en indiquant la cellule p^n, je me rapporte moins à une cellule déterminée de l'organisme qu'à une constitution bioplasmatique spéciale que j'indique complexivemente par p^n. Cela est une conséquence inévitable de mon interprétation même de l'ontogénèse.

Supposons, par exemple, qu'aussitôt que cette cellule se sera formée, elle soit détruite par un moyen quelconque. Cette destruction n'empêchera pas le développement d'autres cellules

génétiques; car nous savons que, dans le développement monodique, d'autres cellules arriveront successivement à atteindre la même phase p^n. Elles seront donc le point de départ pour la formation des lignées cellulaires reproductrices. Et si la destruction de ces cellules, à mesure qu'elles apparaissent, continuait, d'autres cellules arrivant successivement à la même phase les substitueraient et seraient capables de produire les lignées génétiques, pourvu, bien entendu, que le milieu interne soit toujours favorable à cette formation, comme nous l'avons supposé.

Il en sera de même si nous supposons que lors de l'apparition de la première cellule p^n, le milieu interne ne présente pas encore les conditions chimiques favorables à la formation spéciale des lignées génétiques. Alors la cellule p^n n'étant pas détournée de sa route primitive, elle la poursuivra, et le même phénomène se répètera pour les autres cellules arrivant successivement à cette phase, jusqu'à la constitution d'un milieu interne qui, par ses substances spéciales, puisse détourner ces cellules et les diriger sur la route conduisant à la différenciation génétique.

Dans ce cas, les premières cellules p^n parues dans l'organisme ne deviendront donc pas des cellules génétiques, mais des cellules somatiques.

Cette conclusion qui d'ailleurs n'est qu'une conséquence naturelle et nécessaire de mon interprétation de l'ontogénèse, est d'une importance très grande: car elle nous démontre que les cellules qui deviennent le point de départ pour la formation des cellules génétiques ne sont point des cellules spéciales, mais des cellules comme les autres, pouvant devenir ou bien des cellules somatiques, ou bien des cellules génétiques, suivant la constitution du milieu interne à l'instant où elles vont paraître dans l'organisme.

Il y a donc, dans le développement des organismes pluricellulaires, un moment où des cellules commencent leur différenciation génétique; et ce moment, que j'appellerai « *moment*

génétique », est déterminé par la coïncidence entre une constitution bioplasmatique déterminée de certaines cellules et une constitution spéciale du milieu interne.

A partir de l'oeuf jusqu'au moment génétique s'écoule donc toute une période de développement où les cellules, ancêtres des cellules génétiques, sont indifférentes, en ce sens qu'elles pourront devenir ou bien des cellules somatiques, ou bien des cellules génétiques, suivant la nature du milieu interne à l'instant où elles arriveront à la « *phase génétique* » p^n. J'appellerai donc cette période, précédant le moment génétique, la « *période progénétique* » du développement de l'organisme.

Cette période sera évidemment plus ou moins longue dans les différentes espèces des êtres, et la longueur dépendra de la distance entre le moment génétique et le commencement de la segmentation; car il est évident que si le moment génétique ne paraît qu'à une phase avancée du développement, la période progénétique sera inévitablement longue; et si, au contraire, il parait très tôt, celle-ci sera très courte.

Mais quelle que soit la longueur de cette période, nous devons tenir compte ici d'un phénomène dont nous pourrons, plus tard seulement, apprécier l'importance.

Nous avons supposé que la phase p^n, point de départ pour la production des lignées cellulaires génétiques, fasse son apparition dans l'organisme à la lignée cellulaire N, c'est-à-dire dans une lignée cellulaire qui a été précédée par un certain nombre d'autres lignées. Il s'ensuivra nécessairement que, quel que soit ce nombre, chaque cellule p^n sera précédée par une série de cellules qui aboutira à elle et aura eu son commencement dans l'oeuf. Je veux dire en d'autres termes que nous pourrons toujours relier ces cellule p^n à l'oeuf d'où elles dérivent par une série de cellules que nous devons considérer comme leur ancêtres.

Mais nous savons d'autre part que, pendant qu'il se produit cette série cellulaire aboutissant aux cellules génétiques, d'autres cellules se forment, lesquelles, en présence des sub-

stances du milieu interne, se différenciant toujours de plus en plus, vont constituer la partie somatique du corps pendant la période progénétique. Et cette production du soma ne s'arrête pas lors du commencement des lignées génétiques. Au contraire, elle se poursuit généralement pendant un laps de temps plus ou moins long, parfois très long. C'est ce que nous voyons généralement chez la plupart des animaux. Il faut donc distinguer dans le soma deux parties qui ont leur origine à des époques différentes du développement par rapport à la différenciation génétique ; 1°) une partie, que j'appellerai la « *partie somatique progénétique* », qui se forme avant le moment génétique, 2°) une partie qui se forme après le moment génétique, et que j'appellerai la « *partie somatique métagénétique* ».

Cette distinction qui, au point de vue théorique, ne peut être mise en doute, devient naturellement difficile ou presque impossible au point de vue pratique ; car les deux parties ne formant qu'un seul soma s'entremêlent intimement. Cependant nous verrons qu'elle est absolument nécessaire pour l'étude de certains phénomènes se rapportant spécialement aux caractères sexuels secondaires.

Revenons maintenant à l'oeuf et aux cellules génétiques.

Il est incontestable que l'oeuf fécondé a son bioplasma constitué de deux parties, dont l'une dérive de la mère et c'est la partie femelle, et dont l'autre dérive du père et c'est la partie mâle. Il est aussi incontestable que ces deux parties sont formées de bioplasma, c'est-à-dire de biomores, et ceux-ci de biomolécules. Quel phénomène doit-il donc se passer afin que ces deux parties se retrouvent dans les cellules génétiques telles qu'elles étaient dans l'oeuf fécondé avant le commencement de sa segmentation ?

Indiquons complexivement par a la constitution bioplasmatique de l'oeuf, par a° sa partie femelle et par a' sa partie mâle, où a° et a' indiquent complexivement la constitution chimique des deux sortes de bioplasma.

Après la première division, suivant le développement mo-

notique, les deux premiers blastomères seront b et c. Et comme la cytodiérèse a été précédée par le dédoublement des biomolécules, et, par suite, des biomores, le bioplasma de chacun de ces blastomères contiendra une partie femelle et une partie mâle, dérivées du dédoublement des biomolécules et des biomores femelles et mâles de l'oeuf. Nous pourrons donc représenter complexivement par b^o et b' et par c^o, c' la constitution chimique des bioplasmas femelles et mâles contenus respectivement dans chacun des deux premiers blastomères.

Ce raisonnement peut être suivi pour toutes les divisions successives ; et si nous négligeons les cellules somatiques, lesquelles ne nous intéressent pas dans cette question, nous pouvons arriver, en suivant la série des cellules génétiques, jusqu'à une phase quelconque n où les bioplasmas femelles et mâles contenus dans cette cellule n pourront être représentés par n^o et n'.

Toute cellule génétique contient donc dans son bioplasma les deux sortes de bioplasmas sexuels que contenait l'oeuf fécondé, mais ces bioplasmas ne seront plus, au point de vue chimique, égaux à ceux de l'oeuf. Ils auront, au contraire, subi des transformations spéciales que nous ne pouvons connaître, et qui d'ailleurs n'ont pas d'importance dans l'examen général de notre question.

Or, quelles que soient ces transformations, il est clair que si les biomolécules femelles et mâles arrivaient à une constitution telle qu'elles puissent se dédoubler en deux biomolécules égales aux biomolécules femelles et mâles de l'oeuf, on obtiendrait, par la division de la cellule contenant ces biomolécules, deux autres cellules contenant chacune des biomolécules a^o et a', tout comme l'oeuf dont elles sont dérivées et, par suite, deux cellules parfaitement égales à l'oeuf a.

Or, comme l'oeuf a, contenant les deux sortes de bioplasmas a^o et a', c'est-à-dire l'oeuf fécondé a été capable de donner lieu à un organisme, rien de plus naturel que chacune de ces deux cellules, puisse elle aussi, donner origine à deux êtres

égaux à celui dérivé de l'oeuf *a*. Dans ce cas évidemment, ces cellules n'auraient pas besoin d'être fécondées ; car elles seraient, déjà dès leur origine, parfaitement constituées comme l'était l'oeuf fécondé dont elles sont dérivées, et, par suite, nous serions en présence d'un cas de parthénogénèse ou, en considérant le phénomène à un point de vue plus général, d'un cas de véritable reproduction asexuelle.

D'où dépend donc la possibilité de l'accomplissement de ce phénomène ? Pourquoi la reproduction asexuelle et la parthénogénèse ne sont-elles pas plus fréquentes dans la nature ? Quelles sont les conditions que les cellules génétiques exigent pour arriver à se reconstituer identiques à l'oeuf fécondé et, par suite, à être capables de reproduire l'organisme sans fécondation préalable ?

C'est ce que nous devons examiner dans ce chapitre.

Quel que soit le nombre des biomolécules mâles et femelles constituant le bioplasma de l'oeuf fécondé, chacune de ces biomolécules aura naturellement une constitution déterminée par la qualité, par le nombre et par l'arrangement réciproque des atomes. Nous savons en effet que ce sont ces trois facteurs qui caractérisent toute molécule et que l'un ou l'autre d'entre eux variant, varie aussi la constitution de la molécule et, par suite, la nature et les propriétés du composé qu'ils forment.

Si donc chacune de ces biomolécules de l'oeuf doit, à la fin d'un certain nombre de changements chimiques, arriver à se dédoubler en deux autres biomolécules égales par leur constitution à elles-mêmes, il faut nécessairement, ainsi que je l'ai démontré dans le chap. I de la Ire partie de ce travail, que chacune d'elles ajoute à sa constitution un certain nombre d'atomes, de sorte que lorsqu'elle arrive à l'instant qui précède immédiatement sa division en deux biomolécules égales à celles de l'oeuf, elle possède un nombre d'atomes doubles du nombre qu'elle en possédait dans l'oeuf fécondé, avant le commencement de la segmentation.

Mais cette condition, absolument nécessaire, n'est pas, à elle seule, suffisante.

Puisque la constitution de toute molécule n'est pas seulement déterminée par le nombre et la qualité des atomes, mais aussi par leur arrangement réciproque, il est encore indispensable que chaque biomolécule, qui se dédouble en deux biomolécules égales à celles de l'oeuf, possède aussi un tel arrangement des atomes, que, après sa division, les deux biomolécules qui en résultent ne soient pas égales à celles primitives de l'oeuf par le nombre et la qualité des atomes seulement, mais aussi par l'arrangement de ceux-ci, sans quoi l'identité avec elles ne serait pas parfaite. Nous connaissons en effet de très nombreux composés organiques, les composés métamères, où le nombre et la qualité des atomes sont les mêmes, mais avec un arrangement différent. Et nous savons que les propriétés chimiques de ces composés sont fort différentes.

L'intéressante question de la reproduction, dans les termes où nous venons de la poser ici, se réduit donc, en dernière analyse, à un simple phénomène d'assimilation. Aussi je renvoie le lecteur à la 1re partie de mon travail, où j'ai traité longuement et tout particulièrement de ce phénomène fondamental de la vie.

Cependant je ne puis m'empêcher de répéter ici les considérations principales et les plus importantes ayant un rapport étroit avec le problème que nous devons résoudre.

Nous avons vu que dans l'assimilation (et l'exemple de l'assimilation de la part de la molécule d'acide acétique nous a servi pour mieux concréter nos idées), nous avons vu donc que dans l'assimilation la biomolécule doit subir une série plus ou moins longue de changements chimiques pour arriver à acquérir une constitution telle qu'elle lui permette, en se dédoublant, de donner origine à deux autres biomolécules, égales par le nombre, la qualité et l'arrangement des atomes à la biomolécule primitive dont elles dérivent originairement.

Le phénomène exige donc deux sortes de conditions: 1re une

condition intrinsèque, dépendant de la constitution spéciale de la biomolécule; 2°) des conditions extrinsèques, dépendant des conditions physiques et chimiques du milieu ambiant où la biomolécule doit accomplir son assimilation.

En négligeant ici de considérer la condition intrinsèque et les conditions physiques extrinsèques que nous supposons réalisées, arrêtons-nous quelque peu sur l'examen des conditions chimiques, dans lesquelles réside essentiellement, ainsi que nous le verrons, la possibilité de la reproduction asexuelle.

Il est évident que le milieu ambiant dans lequel s'accomplit l'assimilation de la biomolécule doit présenter dans les composés qui le forment, tous les éléments chimiques constituant la biomolécule, sans quoi celle-ci ne pourrait naturellement doubler le nombre de ses atomes. Si donc la biomolécule contient par exemple des atomes de C. H. O. N. P. Fe..... le milieu ambiant devra contenir, lui aussi, ces mêmes éléments, afin que la biomolécule, en les assimilant, puisse arriver, à l'instant de son dédoublement, à posséder un nombre double de ces mêmes atomes, sans quoi le phénomène de la reproduction ne serait pas possible.

Mais cela ne suffit pas encore.

Si, dans l'exemple de la molécule d'acide acétique, celle-ci arrive à se dédoubler en deux autres molécules du même composé en passant seulement par trois changements chimiques, cela est dû évidemment à la constitution spéciale des composés représentant sa nourriture, lesquels ne contiennent pas seulement des atomes égaux à ceux mêmes qui constituent la molécule d'acide acétique, mais les contiennent encore disposés de manière que ces mêmes atomes peuvent passer dans la molécule d'acide acétique et s'y additionner en prenant un arrangement spécial. Ce qui fait que la molécule d'acide acétique peut arriver après deux changements seulement à se transformer en molécule de méthyléthylkétone, c'est-à-dire à une constitution telle que, par la simple oxydation, elle peut se dédoubler en deux molécules d'acide acétique.

Mais il est évident que si, au lieu du perchlorure de phosphore et du zinc-éthyle, nous avions mis d'autres composés en réaction avec la molécule d'acide acétique, celle-ci, ou bien ne serait pas arrivée au dédoublement, ou bien encore y serait arrivée après une série plus longue de transformations chimiques.

La possibilité du développement biomoléculaire que nous avons appelé autogénétique, et la longueur de la série des transformations chimiques caractérisant chaque cycle évolutif biomoléculaire, dépendent donc de la constitution chimique des substances nourrissantes et plus particulièrement de l'arrangement spécial qu'ont les atomes dans les molécules de ces substances.

Mais, à parité des autres conditions, la constitution de la biomolécule même joue un rôle important dans cette question.

La molécule de l'acide acétique, que nous avons choisie comme exemple, peut arriver facilement, et par une série très courte de changements, à l'achèvement de son cycle évolutif, non seulement grâce aux substances spéciales nourrissantes, mais aussi grâce à sa structure très simple.

Il est clair en effet que, si au lieu de cette molécule nous en avions choisi une autre plus complexe soit par le nombre, soit par la qualité et l'arrangement de ses atomes, celle-ci, à cause de sa plus grande complexité, n'aurait pu arriver à l'achèvement de son développement autogénétique aussi facilement et par si peu de changements chimiques que la molécule d'acide acétique.

Or, si l'on considère que les biomolécules constituant le bioplasma de l'oeuf sont probablement très complexes; si l'on considère en outre qu'elles sont très nombreuses et que, par suite, la difficulté de l'accomplissement du développement autogénétique étant grande pour toutes ces biomolécules, elle est plus grande encore pour tout leur ensemble, on peut comprendre facilement comment le développement autogénétique, nécessaire pour la reproduction asexuelle, comme nous l'avons

démontré, est d'une difficulté extrême, et comment, par suite, la reproduction asexuelle est un phénomène d'une grande rareté.

De là toute l'importance de la constitution du milieu ambiant où ces biomolécules doivent se développer.

Ce milieu est avant tout le milieu interne biomorique ; en second lieu, le milieu interne bioplasmatique ; en trosième lieu, le milieu interne organique.

Le milieu interne biomorique est l'ensemble des conditions spéciales créées par l'arrangement des biomolécules à l'intérieur du biomore. Je crois en avoir fait ressortir toute l'importance dans le chap. IV de la I[e] partie de ce travail. Je me bornerai donc à faire remarquer que, grâce à ces conditions spéciales, les biomolécules sont, en partie au moins, soustraites aux conditions du milieu extérieur, et que, en s'entr'aidant réciproquement dans leurs changements chimiques, ces biomolécules facilitent évidemment leur développement.

Le liquide interbiomorique, ce liquide constitué fondamentalement d'eau où se trouvent dissoutes plusieurs substances différentes, en parties pénétrées du dehors, en partie provenant de la sécrétion des biomores mêmes, joue, lui aussi, un rôle très important, ainsi que je l'ai fait ressortir dans le chap. V de la I[e] partie de cet ouvrage.

C'est grâce à ce liquide interbiomorique, constituant le milieu interne bioplasmatique, que les biomores, quoique très nombreux et de constitution très différente, peuvent néanmoins accomplir leur développement. Ils trouvent dans ce liquide les substances diverses qu'exige leur assimilation, substances qu'ils ne pourraient assurément trouver dans le milieu externe, et par ce moyen, en s'entr'aidant réciproquement, ils peuvent arriver à l'accomplissement de leur développement.

Le milieu interne organique est, pour les cellules d'un organisme, ce qu'est le milieu interne biomorique pour les biomolécules, et le milieu interne bioplasmatique pour les biomores.

Le milieu interne organique est représenté par le sang, la lymphe et par n'importe quels autres liquides contenus dans l'organisme.

Il est constitué par l'ensemble des substances sécrétées par les cellules des différents organes, substances qui, à leur tour doivent servir de nutrition aux cellules des organes mêmes.

Tout l'organisme est donc un système symbiotique très complexe de cellules, où celles-ci, en s'entr'aidant réciproquement, tout comme les biomores le font dans la cellule et les biomolécules dans le biomore, facilitent et rendent possible l'accomplissement de leur développement.

Le milieu interne organique soustrait, en partie au moins, les cellules à l'action du milieu externe, parce que c'est dans le milieu interne que celles-ci doivent puiser leur nourriture. Il est vrai que les substances nourrissantes proviennent, en dernière analyse, du dehors; mais ces substances n'arrivent pas à l'intérieur de l'organisme sans subir des transformations spéciales, résultant des phénomènes de la digestion. Je crois que même les cellules de l'intestin, quoique les plus directement en contact et en rapports très étroits avec les substances nourrissantes, ne sont pas moins indépendantes de celles-ci que les autres cellules du corps, parce que la nutrition des cellules intestinales ne se fait pas directement aux dépens des substances contenues dans l'intestin, mais de celles, au contraire, du milieu interne. L'action que ces cellules ont sur les substances nourrissantes c'est de les décomposer et de les transformer, de manière qu'elles puissent pénétrer dans l'organisme, et cette action est due à leurs produits spéciaux de sécrétion. Les substances transformées, digérées convenablement, passent ensuite dans le milieu interne (sang, lymphe etc.) où, après avoir subi d'autres changements, elles peuvent servir, alors seulement, de nutrition aux cellules mêmes qui les ont digérées.

Il en est de même et à plus forte raison des autres cellules du corps et, par suite, des cellules génétiques aussi.

Le soma n'agit donc pas seulement comme une cage servant à abriter les cellules génétiques et à les protéger contre les dangers du milieu externe. Il a encore une fonction bien plus importante et capitale. C'est de les nourrir et de leur présenter, dans le milieu interne, des substances contenant dans leur constitution moléculaire déterminée les atomes qui sont indispensables au développement des cellules génétiques, et ceux-ci dans un enchaînement tel que la nature des changements nécessaires à ce développement l'exige.

Les actions concomitantes et convergentes de ces trois milieux internes: le milieu biomorique, le milieu biomonadique et le milieu organique concourent donc à faciliter le développement des cellules génétiques afin qu'elles puissent arriver à l'achèvement de leur cycle évolutif. Toutefois ces actions ne sont pas, à elles seules, suffisantes.

La complexité des biomolécules génétiques, le grand nombre de celles-ci contenues dans le bioplasma des cellules génétiques, la complexité des transformations chimiques qu'elles doivent subir avant d'arriver au dédoublement, point final de leur développement autogénétique, sont autant de difficultés si graves que les actions bienfaisantes des milieux internes ne suffisent pas à les surmonter tout d'un coup. Les biomolécules sont donc contraintes, à cause de ces difficultés, de franchir la distance qui les sépare du point final de leur développement par des étapes plus ou moins nombreuses suivant les différents organismes.

Ce sont ces étapes que nous devons maintenant examiner.

Des deux tâches que les cellules génétiques doivent remplir pour arriver à l'achèvement de leur cycle évolutif, la première, que nous venons de considérer et qui est de doubler le nombre de leurs atomes, est assurément la plus simple. Les substances nutritives des milieux internes permettent aux biomolécules de s'adjoindre sans difficulté les atomes dont elles ont besoin afin de doubler le nombre de ceux qui les constituent primitivement. Nous venons de voir que c'est

là principalement que se manifeste l'action bienfaisante des milieux internes.

Mais il n'en est pas de même de la seconde tâche, de l'arrangement des atomes.

Celle-ci est de beaucoup la plus difficile, et sa difficulté est d'autant plus grande que les biomolécules sont plus complexes. De là la nécessité de plusieurs développements biomoléculaires par lesquels les biomolécules arrivent peu à peu à l'arrangement atomique voulu (1).

Nous devons distinguer dans le cycle évolutif de ces cellules deux périodes: la période de « *préparation biomoléculaire* » et la « *période de maturation biomoléculaire* ».

La période de préparation biomoléculaire est constituée d'une série plus ou moins longue de phases, comprenant toutes les phases du cycle évolutif, à commencer du premier développement biomoléculaire jusqu'à l'avant-dernier; la période de maturation au contraire ne comprend que le dernier développement biomoléculaire aboutissant directement au dédoublement autogénétique, c'est-à-dire à la reproduction.

La période de préparation dans les organismes pluricellulaires commence donc dès la première division de l'oeuf, et se continue à travers toutes les phases de l'évolution de l'oeuf et toutes les phases suivantes dérivant de l'oeuf, jusqu'à la formation des cellules reproductrices.

A chaque développement biomoléculaire et, par suite, à chaque cytodiérèse les biomolécules mâles et femelles de l'oeuf, subissent donc des transformations chimiques, de manière que ces mêmes biomolécules dans les deux premiers blastomères ne sont plus identiques à celles de l'oeuf, et la différence s'accentue évidemment de plus en plus à mesure que le développement ontogénétique progresse.

La constitution chimique de ces biomolécules s'éloigne donc de plus en plus de la constitution primitive qu'elles avaient

(1) Voir la I^e partie de ce travail, II chap., p. 49-50.

dans l'oeuf, et cet éloignement continuerait toujours sans le concours de conditions spéciales. C'est d'ailleurs ce qui arrive aux cellules somatiques, lesquelles, quoique dérivant elles aussi de l'oeuf, tout comme les cellules génétiques, s'éloignent toujours de la constitution de l'oeuf et perdent même la faculté de pouvoir y revenir. D'où l'impossibilité dans ces cellules de reproduire l'organisme.

Il est donc indispensable qu'à une phase quelconque du développement ontogénétique, des substances spéciales du milieu interne, en agissant sur les cellules somatiques à une phase particulière que nous avons indiquée par p^n, les détournent de leur direction primitive pour les acheminer dans une autre direction les amenant à la reproduction.

Cette phase et ce moment du développement, que nous avons appelés phase et moment génétiques, sont de la plus grande importance dans les phénomènes que nous considérons, parce que c'est à cause de ces facteurs que des cellules qui, sans eux, ne seraient devenues que des cellules somatiques comme les autres, deviennent au contraire des cellules génétiques.

A partir de cette phase et de ce moment, la constitution biomoléculaire de ces cellules, quoique s'éloignant encore de plus en plus de la constitution primitive qu'avait l'oeuf, s'en rapproche cependant peu à peu. Elle s'en éloigne en tant que la constitution des biomolécules se complique de plus en plus; elle s'en rapproche en tant que cette même croissante complication amènera les biomolécules à un arrangement atomique tel qu'il est nécessaire pour leur dédoublement en deux biomolécules égales à celles de l'oeuf.

Dans toute la période de préparation de ces cellules, nous devons donc distinguer deux autres périodes: une « *période progénétique* » et une « *période génétique* ».

La période progénétique s'écoule entre le commencement de la segmentation de l'oeuf, c'est-à-dire entre le commencement de l'ontogénèse et le moment génétique; la période génétique va du moment génétique à la phase de maturation.

La période progénétique n'est pas caractéristique des cellules génétiques, mais elle n'en est pas moins indispensable. Elle n'est pas caractéristique, en tant que d'autres cellules, devenant plus tard des cellules somatiques, passent par les phases de cette même période : elle est indispensable d'autre part, en tant que, sans ces phases, les cellules n'auraient pu arriver à la phase p^n, point de départ pour la différenciation génétique.

La période génétique au contraire est vraiment caractéristique des cellules génétiques, parce que par ces phases ne passent que des cellules destinées à devenir des cellules génétiques.

On ne doit pas croire cependant que les cellules dérivant des cellules à la phase génétique deviennent toutes, absolument toutes, des cellules génétiques, aboutissant au dédoublement autogénétique et, par suite, à la reproduction.

De même que dans l'ontogénèse, bien que toutes les cellules de segmentation et les cellules des autres lignées ultérieures soient, à cause du développement monolitique, dirigées vers la même phase, à savoir la phase limite de la lignée à laquelle elles appartiennent, elles n'y arrivent pas toutes, parce qu'elles en sont détournées par les substances du milieu interne ; de même aussi, les cellules génétiques, quoique toutes dirigées vers la même phase finale, et destinées par suite, dès leur origine primitive, à devenir des cellules reproductives, peuvent néanmoins, pendant la période de préparation génétique, en être encore détournées avant d'arriver à la phase dernière.

Il se formerait donc, dans ce cas, des cellules qui, d'une part, ne seraient pas des cellules somatiques, parce qu'elles dérivent de cellules se trouvant déjà dirigées vers la différenciation génétique, et qui, d'autre part, ne sont pas des cellules génétiques parce qu'elles ont abandonné la route qui les amenait à cette différenciation avant de l'avoir atteinte. Ce seraient donc des cellules spéciales que j'appellerai les « *cellules paragénetiques* ».

Les cellules de cette espèce ne sont pas rares dans les êtres pluricellulaires. Elles concourent à la constitution des organes reproducteurs, des ovaires et des testicules, où nous voyons que les cellules qui les forment ne peuvent suivre toute l'évolution génétique. Les cellules folliculaires, par exemple, et peut-être d'autres cellules de l'ovaire et des testicules dans les différentes espèces d'animaux seraient des cellules de cette sorte.

Mais si nous faisons abstraction de toutes les autres cellules et ne considérons que les cellules génétiques, nous voyons que celles-ci, soit par les actions des milieux internes, soit encore par la préparation qu'elles peuvent subir peu à peu dans l'arrangement de leurs atomes, tentent d'arriver à l'achèvement de leur cycle évolutif, c'est-à-dire de revenir à leur point de départ, à l'oeuf. Et si nous supposons que cela soit possible, chaque cellule génétique arrivée à la dernière phase de son cycle évolutif se divisera évidemment en deux autres cellules, dont chacune contiendra les biomolécules mâles et femelles telles que l'oeuf les contenait, et, par suite, chacune d'elles sera un oeuf et aura la faculté de produire un organisme égal à celui même dont elle est dérivée, et cela sans fécondation préalable.

De chaque cellule génétique dériveront donc deux oeufs et par suite, de chacune naîtront deux individus, c'est-à-dire qu'en même temps que la reproduction, aura lieu aussi une multiplication, ou pour mieux dire une duplication; car les individus naissant de chaque cellule ne peuvent être que deux.

Cette multiplication, cette duplication cependant n'a pas toujours lieu. Nous verrons plus tard, lorsque nous traiterons de la parthénogénèse, quelles sont les causes qui peuvent l'empêcher.

Mais la véritable multiplication ne se fait pas à l'instant même de la reproduction. Elle se fait avant celle-ci pendant toutes les phases de la préparation génétique.

Nous avons vu dans la IIe partie de ce travail que par le développement monodique, base de l'ontogénèse, toutes les cellules issues de la segmentation de l'oeuf se trouvent acheminées dans une même direction et que, si d'autres causes ne les détournent pas de leur direction primitive, elles arrivent successivement à la phase limite de leur évolution.

Nous avons vu encore, au chap. XV de la IIe partie, qu'en supposant, par exemple, que les phases de l'évolution de l'oeuf ne soient que 14, ce qui est, dans la plupart des cas au moins, inférieur à la réalité, 610 cellules arriveraient successivement à la phase limite de l'évolution de l'oeuf.

Il est donc évident que si nous appliquons à la phase génétique p^n un raisonnement analogue, de nombreuses cellules arriveront successivement à cette phase, pour commencer à leur tour leur développement génétique les amenant à leur phase dernière, à la phase de reproduction.

Nous ne pouvons connaitre ce nombre, qui d'ailleurs doit varier naturellement dans les différentes espèces des êtres ; mais si l'on considère que, d'une part, les phases de l'évolution de chaque lignée cellulaire sont, dans la réalité, plus nombreuses que celles que nous venons de supposer dans notre exemple ; et que, d'autre part, la phase génétique p^n n'apparait généralement qu'après une série de plusieurs lignées cellulaires à commencer de la segmentation, nous pouvons facilement arguer que le nombre des cellules arrivant successivement à la phase génétique doit être énormément grand.

Je rappellerai ici ce que j'ai déjà fait remarquer au chap. XV (pag. 345) de la IIe partie de cet ouvrage (1). Si l'on supposait, par exemple, que cette phase génétique paraît à la fin de la troisième lignée cellulaire et que chacune de ces lignées n'avait que 14 phases d'évolution, suppositions qui sont évidemment inférieures à la réalité, les cellules arriveraient

(1) GIGLIO-TOS E. — *Les problèmes de la vie.* IIe Partie. L'ontogénèse et ses problèmes, Cagliari 1903.

néanmoins à la phase génétique au nombre de $610 \times 610 \times 610 = 226.981.000$.

Or, il est vrai que toutes ces cellules n'arrivent pas à la même phase génétique; car plusieurs d'entre elles en sont détournées pour suivre d'autres évolutions les amenant à quelques différenciations somatiques; mais on peut se convaincre facilement que, malgré cela, le nombre des cellules arrivant à la phase génétique sera néanmoins très considérable.

Mais ce nombre peut encore augmenter extraordinairement avant que les cellules génétiques arrivent à l'achèvement de leur cycle évolutif.

Nous savons en effet que la préparation que nous avons appelée progénétique est encore suivie, après le moment génétique, de la préparation génétique, et que celle-ci peut être constituée, elle aussi, d'une série plus ou moins longue de lignées cellulaires aboutissant à la période de maturation.

Or, si nous supposions seulement, pour faire la supposition la plus simple possible, que cette période génétique n'était constituée que d'une seule lignée cellulaire, et que celle-ci n'était formée que de 14 phases d'évolution, évidemment chaque cellule génétique p^n serait le point de départ pour la formation de 610 cellules arrivant à la période de maturation. Et si nous supposons encore, pour nous en tenir toujours à une supposition très simple, que les cellules p^n ne soient qu'au nombre d'un million, on comprend aisément que les cellules arrivant successivement à la période de maturation seraient $610 \times 1,000,000 = 610.000.000$.

Mais si la période de préparation génétique était constituée d'une série de deux lignées cellulaires de 14 phases chacune, ce qui est, sans aucun doute, encore inférieur à la réalité les cellules arrivant à la période de maturation seraient naturellement $610 \times 610,000.000 = 372,100.000.000$.

Or, il est vrai qu'ici encore toutes ces cellules n'arriveront pas à la période de maturation; car une partie suivront une autre évolution les amenant peut-être à se différencier en

cellules paragénétiques ; mais si l'on considère que dans la réalité des faits naturels, les choses sont bien plus complexes que nous ne pouvons le supposer ici; que, d'une part, les phases d'évolution de chaque lignée cellulaire sont plus nombreuses que nous ne l'avons supposé ; que, d'autre part, les lignées cellulaires constituant la période génétique sont, elles aussi, beaucoup plus nombreuses, on comprend aisément que les cellules arrivant à la phase de maturation et, par suite, à la reproduction seront en nombre vraiment extraordinaire.

On voit donc que la véritable multiplication ne se fait pas à la fin de la phase de maturation, mais plus spécialement et surtout pendant les périodes de préparation génétique.

En résumé, nous pouvons donc conclure :

1° *Si parmi les cellules issues de la segmentation de l'oeuf et formant le corps de l'organisme, existent des cellules capables de revenir à la constitution primitire de l'oeuf dont elles sont dérivées, ces cellules seront naturellement aptes à reproduire exactement l'organisme sans fécondation préalable.*

2° *L'accomplissement de ce phénomène présente de très grandes difficultés et exige des conditions spéciales de nutrition de la part de ces cellules, conditions qui, en partie au moins, sont fournies par les milieux internes biomorique, bioplasmatique et organique.*

3° *Ces cellules reproductrices ou génétiques ne sont pas des cellules spéciales ; car elles pourraient se différencier en cellules génétiques aussi bien qu'en cellules somatiques. Leur différenciation génétique est dépendante de l'action du milieu interne organique sur une phase déterminée, la phase génétique, par laquelle passent aussi les autres cellules pouvant se différencier en cellules somatiques. Cette différenciation exige donc la concomitance de ces deux conditions : la phase génétique et un milieu interne déterminé.*

4° *L'instant où ces deux conditions se réalisent est le moment génétique. A partir de ce moment, les cellules arrivant à la phase génétique sont détournées de leur direction primitive et dirigées vers la différenciation génétique.*

5° *Dès la première segmentation de l'oeuf jusqu'au moment où elles reviennent à la constitution primitive de l'oeuf, ces cellules subissent des transformations chimiques de leurs biomolécules. C'est par ces transformations qu'elles arrivent peu à peu à la constitution bioplasmatique nécessaire pour leur dernière division en deux cellules égales à l'oeuf.*

6° *On doit distinguer dans ces transformations deux périodes différentes : la période de préparation, plus ou moins longue, commençant à la segmentation de l'oeuf et aboutissant au dernier développement biomoléculaire ; la période de maturation, comprenant le dernier développement biomoléculaire et aboutissant à la division de la cellule génétique en deux cellules égales à l'oeuf. La période de préparation à son tour présente deux périodes : une période progénétique, comprise entre le commencement de la segmentation et le moment génétique ; une période génétique comprise entre le moment génétique et la période de maturation.*

7° *On doit distinguer dans le soma deux parties, dont l'origine a lieu à des époques différentes ; la partie somatique progénétique, provenant des cellules qui se sont formées avant le moment génétique ; la partie somatique métagénétique, provenant des cellules qui se sont formées après le moment génétique.*

8° *Des cellules génétiques peuvent dériver d'autres cellules n'aboutissant pas à la formation de l'oeuf. Ce sont les cellules paragénétiques.*

9° *La véritable multiplication n'a pas lieu à l'instant où les cellules génétiques atteignent leur but final, mais surtout et principalement pendant leur période de préparation.*

Chapitre III.

La reproduction sexuelle.

SOMMAIRE : Difficultés pour la régénération intégrale de l'oeuf — Examen de la constitution de l'oeuf fécondé — Les biomolécules mâles et femelles — L'addition biomoléculaire de ces deux sortes de biomolécules — Ses conséquences — La disparition d'une sorte de biomolécules — Explication rationnelle de la nécessité de la sexualité et de la fécondation — La nécessité de deux sortes de cellules génétiques — La régénération de quatre cellules aux dépens de chaque cellule génétique — Résumé.

Nous avons vu dans le chapitre précédent que les cellules génétiques, pour arriver à régénérer *intégralement* l'oeuf dont elles sont dérivées, c'est-à-dire pour arriver à régénérer aussi bien les biomolécules femelles que les biomolécules mâles contenues dans l'oeuf fécondé, rencontrent nécessairement des difficultés très graves que nous venons précisément d'analyser et sur lesquelles j'ai insisté à dessein.

Si la régénération intégrale de l'oeuf était possible, l'oeuf n'exigerait point la fécondation pour se développer et la reproduction des organismes serait asexuée. Si donc cette sorte de reproduction est très rare, la cause en est aux difficultés presque insurmontables que les cellules génétiques rencontrent dans l'accomplissement de la régénération intégrale de l'oeuf. Et comme cette régénération se réduit en dernière analyse, ainsi que nous l'avons vu, à un phénomène d'assimilation, on peut aisément comprendre pourquoi, dans certains organismes, la reproduction asexuelle ou la parthénogénèse ne peuvent avoir lieu que si les conditions de nutrition sont particulières

et très favorables, ou bien dans le cas où les transformations chimiques que les biomolécules génétiques doivent subir pour l'accomplissement de la régénération sont de telle nature ou d'une simplicité telle qu'elles puissent se réaliser dans les conditions normales de la vie.

Mais dans la plupart des cas, ces transformations sont très complexes et ne peuvent avoir lieu même sous l'action favorable des différents milieux internes. Comment se fera donc la reproduction ? Par quel moyen les cellules génétiques pourront-elles arriver à régénérer l'oeuf, phénomène indispensable pour la reproduction des êtres ?

Analysons intimement ce problème et nous verrons que, sans faire la moindre hypothèse spéciale, il y a un mode très simple d'en donner une solution, et que, par ce mode d'interprétation, non seulement la reproduction, mais tous les autres phénomènes très intéressants ayant avec elle les rapports les plus étroits, en reçoivent une explication très simple, très naturelle et très scientifique.

Revenons donc à l'examen de l'oeuf fécondé.

Celui-ci, nous le savons, est constitué de deux sortes de biomolécules : les biomolécules femelles d'origine maternelle, et les biomolécules mâles d'origine paternelle.

Ces biomolécules sont naturellement très nombreuses, mais pour plus de simplicité, nous nous bornerons ici à en considérer deux seulement, c'est-à-dire une biomolécule femelle et une biomolécule mâle. D'ailleurs les considérations que nous ferons sur celles-ci, nous pourrons les appliquer à toutes les autres.

Indiquons donc par a^0 la biomolécule femelle, et par a^1 la biomolécule mâle. Ces biomolécules arrivent, par des transformations chimiques successives s'accomplissant pendant leur période de préparation et de maturation, à une constitution que nous indiquerons respectivement par n^0, n^1. Nous supposerons encore que cette constitution représente la dernière phase de développement de ces biomolécules, c'est-à-dire la

phase qui précéderait immédiatement leur dédoublement en deux biomolécules a et a' si la régénération intégrale de l'œuf était possible.

Mais comme, dans le cas que nous considérons, cette possibilité n'existe pas, il s'ensuit que, même sous l'action favorable des milieux internes, la biomolécule n^0 ne peut se dédoubler en $2a^0$, ni la biomolécule n^1 en $2a^1$.

Et pourtant la régénération de ces biomolécules doit se faire absolument, sans quoi la reproduction ne pourrait avoir lieu. Quel phénomène peut donc la produire ?

Si, dans la biomonade constituant toute cellule génétique, nous considérons seulement les biomolécules femelles, nous pouvons retenir toutes les biomolécules mâles comme formant par leur ensemble un milieu interne spécial où vivent les biomolécules femelles. Et réciproquement, ces dernières constituent, par rapport aux biomolécules mâles, un milieu interne spécial où celles-ci accomplissent leurs transformations. Cela se conçoit facilement si nous nous reportons à la conception symbiotique de toute biomonade, telle que je l'ai exposée au chap. V de la Ire partie de ce travail, où j'ai fait ressortir d'ailleurs l'importance capitale qu'ont les différentes biomolécules dans le système symbiotique qu'elles forment, en tant qu'elles peuvent s'entr'aider réciproquement pour l'accomplissement de leurs transformations chimiques.

Or, dans la plupart des cas, ces biomolécules s'entr'aident en fournissant des substances spéciales chimiques, produits de leur sécrétion, qui concourent à la formation du milieu interne bioplasmatique. Mais leur action peut bien aller plus loin.

Si parfois ces produits de sécrétion ne sont pas suffisants pour permettre à certaines biomolécules l'accomplissement de leurs transformations, on ne peut néanmoins pas affirmer encore que tous, absolument tous les moyens possibles pour arriver à ce but, soient épuisés. Il en reste encore un, et c'est par celui-ci que la biomolécule peut atteindre le bout de son cycle évolutif.

Ce moyen est d'ailleurs très simple et consiste dans l'addition des deux biomolécules.

Chacune de celles-ci, vu la complexité moléculaire évidemment plus grande que celle des produits de leur sécrétion, peut porter à l'autre, par son addition, un nombre d'atomes bien plus grand, et ceux-ci dans un enchaînement tel que sa transformation l'exige. Dans ce cas, chacune de ces biomolécules fonctionne, par rapport à l'autre, comme substance nourrissante, et son addition pourrait être considérée, à un point de vue philosophique, comme le sacrifice de son individualité et de son existence au bénéfice de l'autre.

Concrétons par un exemple et nous verrons plus tard toutes les conséquences très importantes qui découlent nécessairement de ce mode d'interprétation.

Faisons pour le moment abstraction de la qualité et de l'enchaînement des atomes de ces biomolécules, et considérons-en seulement le nombre. Ce nombre évidemment ne pourra être qu'égal ou différent dans ces deux sortes de biomolécules.

Supposons avant tout qu'il soit égal.

Dans ce cas, nous devons admettre nécessairement que, bien qu'égales par le nombre de leurs atomes, ces deux biomolécules ne sont pas égales par l'enchaînement de ceux-ci, sans quoi les deux biomolécules, la qualité des atomes étant la même, seraient identiques dans leur constitution. Nous supposerons donc que l'enchaînement des atomes soit différent dans les deux biomolécules.

Indiquons par α le nombre des atomes, par ♂ l'enchaînement des atomes de la biomolécule mâle et par ♀ celui de la biomolécule femelle. Nous pourrons représenter la biomolécule femelle par α♀ et la biomolécule mâle par α♂. Et comme nous avons indiqué ces deux biomolécules par a^0, a^1, nous pourrons établir: $a^0 = \alpha$♀ ; $a' = \alpha$♂.

On comprend facilement que si, dans ce cas, les deux biomolécules a^0, a' pouvaient s'additionner, ainsi que nous le supposons dans notre mode d'interprétation, la biomolécule

résultant de l'addition possèderait un nombre d'atomes double et que, par suite, elle pourrait se diviser en deux biomolécules égales à l'une ou à l'autre des biomolécules additionnées, c'est-à-dire : $a^{\circ} + a' = 2\alpha$♀ ; ou bien : $a^{\circ} + a' = 2\alpha$♂.

Mais d'où dépend la propriété de s'additionner nécessaire pour ce phénomène ?

L'addition de deux molécules est un phénomène chimique, et, par suite, elle dépend de la constitution des molécules réagissant entre elles. Si donc nous supposons une addition entre ces deux biomolécules, il faut nécessairement supposer qu'elles possèdent une constitution chimique les amenant inévitablement à s'additionner. Et s'il en est ainsi, quelle en sera la conséquence ?

Nous devons avant tout remarquer une conséquence de la plus haute importance, sur laquelle est précisément basée la nécessité de la fécondation.

Soit que l'addition des biomolécules puisse régénérer deux biomolécules femelles ($a^{\circ} + a' = 2\alpha$♀) ; soit que les biomolécules régénérées soient les mâles ($a^{\circ} + a' = 2\alpha$♂), il est évident que, aussi bien dans l'un que dans l'autre cas, une des biomolécules doit disparaître, et plus précisément que dans la régénération de la biomolécule femelle, disparaît la biomolécule mâle et réciproquement.

On voit donc clairement que la régénération d'une des biomolécules de l'oeuf par l'addition biomoléculaire amène inévitablement la disparition de l'autre biomolécule. Dès lors, la biomonade ne contiendra plus que des biomolécules femelles ou des biomolécules mâles, c'est-à-dire qu'elle sera incomplète par rapport à la biomonade primitive.

Dans notre cas, l'oeuf contenait des biomolécules a° et a'. Après l'addition et le dédoublement qui s'ensuit, il ne contiendra plus que des biomolécules a° ou des biomolécules a', quoique en nombre double de celui qu'il contenait auparavant.

Dès lors, si nous admettons que la potentialité de l'oeuf était déterminée par la présence des deux sortes de biomolécules

a^o et a', on comprend facilement que chacune des biomolécules régénérées a^o ou a' ne pourra, à elle seule, posséder la même potentialité que l'oeuf dont elle est dérivée. Elle ne pourra la réacquérir qu'alors seulement que, avec le concours d'une biomolécule de l'autre sexe, elle produira une réintégration de l'oeuf primitif.

De là une autre conséquence inévitable, à savoir la nécessité d'une production de biomolécules de l'autre sexe: car il est évident que si nous supposons, par exemple, que l'addition des deux biomolécules ait produit la régénération de la biomolécule femelle (a^o), il est indispensable que, par une autre addition, on puisse obtenir la régénération de la biomolécule mâle (a'), sans quoi on ne pourrait obtenir la réintégration de l'oeuf qui contenait les deux sortes de biomolécules a^o, a'.

Et, comme ce phénomène d'addition biomoléculaire dans chaque biomonade ne peut donner origine évidemment qu' à des biomolécules d'un seul sexe, il s'ensuit nécessairement que, par un phénomène analogue s'accomplissant dans une autre biomonade, doit avoir lieu la formation de biomolécules de l'autre sexe.

Ces considérations que nous venons de faire pour deux biomolécules seulement, nous pouvont les appliquer à toutes les nombreuses biomolécules de l'oeuf, en arrivant à des résultats analogues.

Nous voyons donc que par notre mode d'interprétation, basé sur l'addition biomoléculaire, nous arrivons inévitablement à cette conclusion, que lorsque la régénération des biomolécules génétiques se fait par leur addition, la réintégration complète de l'oeuf ne peut se faire que par le concours de deux cellules, et que, par suite, est indispensable la formation de cellules génètiques de deux sortes, où soit possible la formation des biomolécules des deux sexes. Nous voyons en somme que, par notre interprétation, nous sommes amenés nécessairement à des conséquences logiques coincidant parfaitement avec les

faits réels, et qu'en outre, nous trouvons dans cette interprétation même la cause rationnelle de ces faits, et, par suite, la solution d'un des problèmes les plus ardus de la Biologie, à savoir le problème de la sexualité et de la fécondation.

Examinons maintenant par quel mode peut se faire la production de ces deux sortes de cellules génétiques.

Nous avons donc supposé que, dans l'oeuf a, les biomolécules femelle a° et male a' étaient égales par la qualité et le nombre α des atomes, mais nécessairement différentes par leur constitution intime, c'est-à-dire par l'enchaînement de leurs atomes, et que cette constitution est précisément telle que l'exige le phénomène d'addition moléculaire que nous considérons.

Dans ce cas donc, l'addition des deux biomolécules $a^{\circ} + a'$ donnera lieu évidemment ou bien à deux biomolécules a° ou bien encore à deux biomolécules a', mais elle ne pourra absolument pas produire toutes les deux.

Le résultat de leur addition et du dédoublement qui s'ensuit est naturellement dépendant de la constitution réciproque de ces biomolécules, que nous avons représentée par $\alpha ♀$ et $\alpha ♂$.

Or, nous pouvons bien supposer, par exemple, $\alpha ♀ + \alpha ♂ = 2 \alpha ♂$ et, par suite, $a^{\circ} + a' = 2a'$ mais cette supposition exclut absolument l'autre: $\alpha ♀ + \alpha ♂ = 2 \alpha ♀$, ou bien $a^{\circ} + a' = 2a^{\circ}$.

Nous voyons donc que, dans notre supposition, nous sommes dans l'impossibilité d'expliquer la formation des deux sortes de cellules génétiques: car, par l'addition biomoléculaire, nous ne pouvons arriver qu'à la formation d'une seule d'elles.

Mais comme ce résultat de l'addition biomoléculaire est dépendant de la constitution des deux biomolécules, on comprend encore facilement que si celle-ci n'était pas celle que nous avons supposée, on pourrait obtenir, par l'addition de biomolécules d'une constitution déterminée que nous pouvons représenter par α_0 et α_1, correspondant respectivement à a° et a', la régénération de la biomolécule femelle a°.

De cette manière on obtiendrait :

$$\alpha♀ + \alpha♂ = 2a'$$
$$\alpha_0 + \alpha_1 = 2a^0$$

La régénération des deux sortes de biomolécules n'est donc possible qu'avec l'existence de deux sortes de cellules dans lesquelles les biomolécules génétiques devant s'additionner soient, dans chacune de ces cellules, de constitution différente, de manière que le résultat de l'addition dans l'une soit la régénération des biomolécules femelles et dans l'autre celle des biomolécules mâles.

Il est d'ailleurs évident que la constitution bioplasmatique de ces deux sortes de cellules devra être différente dans chacune d'elles : car les cellules devant régénérer les biomolécules mâles posséderont nécessairement des biomolécules mâles et femelles d'une structure différente de celle des biomolécules mâles et femelles appartenant aux cellules qui doivent régénérer les biomolécules femelles.

Si donc, dans notre cas, où nous supposons (et c'est une simple supposition) que cette régénération se fasse dans l'oeuf même a, nous voulons expliquer la régénération des deux sortes de biomolécules génétiques, nous sommes forcés de supposer deux sortes d'oeufs, c'est-à-dire de certains oeufs où les biomolécules mâles et femelles présentent respectivement les constitutions $\alpha♂$ et $\alpha♀$ et, par suite, capables de régénérer les biomolécules mâles a' et d'autres oeufs où les biomolécules ayant la constitution α_0 et α_1 sont, par conséquent, aptes à régénérer les biomolécules femelles a^0.

Mais ce serait là une supposition qui ne pourrait être soutenue scientifiquement.

D'autre part, nous devons encore considérer que, si cette même supposition était admissible et si en réalité existaient pour chaque espèce d'organisme ces deux sortes d'oeufs, l'addition biomoléculaire devrait se faire dans ces oeufs mêmes aussitôt que la fécondation a lieu. Car, dès ce moment, la

présence dans l'oeuf des deux sortes de biomolécules que nous supposons par leur constitution aptes à cette addition, provoquerait évidemment ce phénomène, et l'oeuf perdrait par ce fait même l'une des deux sortes de biomolécules à l'instant même où il vient de les acquérir.

La supposition que nous venons de faire doit donc être écartée comme inadmissible et absurde.

Il ne nous reste, par conséquent, qu'à supposer que le phénomène d'addition biomoléculaire ne se fasse pas dans l'oeuf, mais dans les autres cellules génétiques dérivant de sa segmentation.

Or, nous savons que la production de ces cellules est la conséquence de l'assimilation de la part d'autres cellules leurs ancêtres ; car toute cellule dérive de la cytodiérèse d'une cellule mère préexistante, et cette cytodiérèse ne peut avoir lieu que si elle a été précédée par une période d'assimilation. Et l'effet de l'assimilation, c'est d'accroître le nombre des atomes des biomolécules.

Le nombre α des atomes des biomolécules mâles et femelles de l'oeuf s'accroîtra donc dans les autres cellules à mesure que les phases de l'ontogénèse progresseront, et qu'elles avanceront dans leur évolution.

Il deviendra donc, par exemple, à une phase quelconque de cette évolution $\alpha + x$ dans les biomolécules femelle dérivées de a° ou $\alpha + y$ dans les biomolécules mâles dérivées de a'.

Mais quelle que soit la valeur de x et de y, comme nous avons supposé que le nombre des atomes était le même α dans les deux sortes de biomolécules, toujours est-il que l'addition de deux biomolécules produira une somme d'atomes plus grande que le double de $\alpha : \alpha + x + \alpha + y > 2\alpha$. Et cela évidemment, à une phase quelconque de leur évolution.

Cela veut dire, en d'autres termes, que si l'addition biomoléculaire ne se fait pas dans l'oeuf (et nous avons vu que cette supposition est absurde) mais à une phase quelconque de l'ontogénèse, le résultat de cette addition et, par suite, du dédou-

blement consécutif, sera la production de deux biomolécules dont le nombre des atomes sera plus grand que dans les biomolécules primitives et, par ce fait même, elles ne seront pas égales à celles-ci. Dans ce cas donc, n'aura pas lieu la régénération des biomolécules génétiques.

Cependant cette régénération n'est pas absolument impossible.

Puisque la somme des atomes des biomolécules mâles et femelles à une phase quelconque de leur évolution après la phase de l'oeuf est toujours plus grande que le double de chacune d'elles, il pourra néanmoins arriver qu'à une phase déterminée, cette somme en soit le quadruple :

$$\alpha + x + \alpha + y = 4\alpha.$$

Dès lors, nous pouvons supposer que le résultat de l'addition biomoléculaire soit le dédoublement en deux biomolécules égales entre elles, dont le nombre des atomes soit néanmoins le double de celui des biomolécules génétiques primitives, et que ces deux biomolécules résultant du premier dédoublement, en se dédoublant à leur tour, donnent lieu chacune à la formation de deux biomolécules égales aux biomolécules génétiques primitives et, par suite, en total, à quatre de ces biomolécules ou mâles ou femelles.

Nous devons donc modifier les deux formules données ci-devant de la manière suivante :

$$\alpha \female + \alpha \male = 4a'$$
$$\alpha_0 + \alpha_1 = 4a^0$$

Il faut remarquer qu'en supposant ces deux dédoublements successifs, je ne veux pas exclure absolument qu'entre l'un et l'autre ne puissent s'intercaler quelques autres réactions. Mais en tout cas, celles-ci seront très peu nombreuses, de manière que, pour plus de simplicité, nous pouvons les négliger, vu que les résutats auxquels on arrive ne peuvent changer.

Quoi qu'il en soit, le phénomène que je viens de supposer est un phénomène chimique, dont la possibilité ne peut être mise en doute et pour l'accomplissement duquel nous n'avons pas recours à des hypothèses spéciales. Il faut voir maintenant si cette manière d'interprétation à laquelle nous sommes arrivés peu à peu en excluant toutes les autres manières possibles, est suffisante pour l'explication de tous les phénomènes très complexes se rattachant à l'importante fonction vitale de la reproduction.

Nous conclurons donc :

1° *Ou bien chaque cellule génétique peut régénérer intégralement l'oeuf, c'est-à-dire régénérer à la fois les biomolécules mâles et femelles, ou bien elle ne le peut pas.*

2° *Dans le premier cas, la reproduction est asexuelle ou parthénogénétique; dans le deuxième cas, la régénération intégrale de l'oeuf n'est possible que par l'addition biomoléculaire.*

3° *Dans celle-ci, il en dérive, comme conséquence nécessaire et inévitable, la disparition de l'une ou de l'autre des deux sortes de biomolécules.*

4° *De là la nécessité de deux sortes de cellules génétiques, régénérant, les unes, les biomolécules mâles, les autres, les biomolécules femelles; et de là encore la nécessité de l'union de ces deux sortes de biomolécules, indispensable pour la régénération intégrale de l'oeuf.*

5° *La cause primitive de la sexualité et de la fécondation réside donc dans ce phénomène d'addition biomoléculaire.*

6° *Ce phénomène ne peut s'accomplir dans l'oeuf même. Il doit, au contraire, avoir lieu dans d'autres cellules dérivant de sa segmentation.*

7° *Dans ce cas, et par ce fait même, les biomolécules régénérées de chaque sorte ne peuvent être deux, mais nécessairement quatre. D'où il résulte que chaque cellule génétique doit donner lieu à la formation ou bien de quatre cellules femelles, ou bien de quatre cellules mâles.*

Chapitre IV.

L'addition biomoléculaire,

SOMMAIRE : Les cellules génétiques sexuelles et la différence dans leur constitution chimique — Les périodes de préparation et de maturation sexuelles — Le moment et la phase sexuels — La période génétique neutre — Les parties du soma métagénétiques neutres et sexuelles — Les cellules paragénétiques neutres ou sexuelles — Le milieu interne, l'hermafrodisme et l'unisexualisme — L'addition biomoléculaire interne et externe — Parallèle entre ces deux sortes d'addition — Résumé.

Sur ce phénomène, l'addition des biomolécules mâles et femelles, que nous venons de poser comme base fondamentale de notre interprétation de la reproduction sexuelle, nous devons maintenant faire une série de considérations nécessaires pour l'explication de tous les phénomènes se rattachant étroitement à cette importante fonction vitale. C'est après ces considérations et par la concordance entre les résultats auxquels nous arriverons théoriquement et les résultats de l'observation directe des faits, que nous pourrons juger exactement de la valeur de notre mode d'interprétation.

Nous avons donc vu au chapitre précédent que l'addition biomoléculaire ne peut se faire dans l'oeuf même, mais nécessairement dans les cellules génétiques dérivant de sa segmentation, et que, par conséquent, la régénération finale ne produira pas deux biomolécules seulement, mais quatre biomolécules génétiques de chaque sorte.

Laissons de côté pour le moment ce dernier phénomène sur lequel nous reviendrons plus tard, et considérons maintenant la production des cellules génétiques.

Nous avons démontré que ces cellules doivent être de deux sortes : aptes, les unes à régénérer les biomolécules mâles, les autres les biomolécules femelles, et que la différence entre ces cellules doit résider dans leur constitution bioplasmatique, c'est-à-dire dans une structure différente de leurs biomolécules.

Il y aura donc des cellules génétiques mâles dont l'addition biomoléculaire produira quatre biomolécules mâles, et des cellules génétiques femelles dont l'addition biomoléculaire produira quatre biomolécules femelles.

Mais la structure biomoléculaire caractéristique de ces deux sortes de cellules ne pourra être atteinte d'emblée. De même que la structure biomoléculaire, caractéristique des cellules génétiques en général, s'acquiert peu à peu par une série de changements chimiques s'accomplissant pendant la période de préparation et de maturation génétique, ainsi que nous l'avons démontré, de même aussi la structure biomoléculaire des deux sortes de cellules sexuelles ne s'obtiendra que par une série de changements chimiques.

Nous devrons donc distinguer aussi deux sortes de périodes de préparation et de maturation sexuelle, à savoir une période mâle et une période femelle.

Or, de même que les cellules génétiques, sans l'action du milieu interne, deviendraient des cellules somatiques comme toutes les autres cellules dérivant de la segmentation de l'oeuf, et ne se transforment en cellules génétiques que par l'effet de ce milieu spécial, ainsi que nous l'avons vu, de même aussi, nous devons admettre que l'évolution des cellules génétiques dans le sens mâle ou dans le sens femelle se fait sous l'action du milieu interne de l'organisme.

Ce milieu agira évidemment sur une phase déterminée de l'évolution génétique et, par suite, à un moment de cette évolution, moment déterminé lui aussi.

Nous devons donc dans ce cas distinguer, dans l'évolution des cellules génétiques, une phase et un moment sexuels, tout

comme nous avons distingué auparavant une phase et un moment génétiques.

Or, ces deux choses sont possibles: ou bien le moment et la phase génétiques coïncident avec le moment et la phase sexuels ou bien ils ne coïncident pas.

Si cette coïncidence n'a pas lieu, il s'écoulera évidemment entre le moment génétique et le moment sexuel une période que nous pouvons appeler la *période génétique neutre*, où les cellules génétiques dérivant des cellules à la phase génétique se trouveront encore dans un état d'indifférence sexuelle, et, par suite, pourront plus tard devenir aussi bien des cellules mâles que des cellules femelles.

Si au contraire cette coïncidence existe, cette période neutre ne pourra se former: car aussitôt que les cellules commencent leur évolution génétique, elles commencent en même temps leur évolution sexuelle dans le sens mâle ou dans le sens femelle.

Il s'ensuit que si nous nous en rapportons aux parties du soma et aux cellules paragénétiques, nous devons faire d'autres distinctions qui, bien que théoriques, n'en sont pas moins importantes pour l'examen des problèmes des caractères somatiques.

De même que nous avons distingué une partie progénétique du soma et une partie métagénétique, nous devons encore distinguer cette dernière partie en deux autres: une *partie métagénétique neutre* et une *partie métagénétique sexuelle mâle ou femelle*, c'est-à-dire des parties du soma se formant après le moment génétique, mais pendant la période génétique neutre, dans le cas où celle-ci existe, ou pendant les périodes sexuelles mâle ou femelle.

Il en sera de même pour les cellules paragénétiques.

Nous devrons donc distinguer des *cellules paragénétiques neutres*, dérivant des cellules génétiques après le moment génétique et avant le moment sexuel, et des *cellules paragénétiques sexuelles* mâles ou femelles, dérivant des cellules génétiques après le moment sexuel.

Que l'évolution des cellules génétiques dans le sens mâle ou dans le sens femelle soit provoquée par l'action du milieu interne, cela ne peut être mis en doute. Il s'agit là de structures particulières que les biomolécules doivent acquérir pour arriver à leur but final et ces structures ne peuvent dépendre que de changements chimiques. Or, ces changements s'accomplissent évidemment pendant les phénomènes d'assimilation, et celle-ci se fait aux dépens des substances du milieu interne.

Nous ne pouvons connaître ce milieu à cause de l'énorme complexité des substances qui le forment et à cause d'autres difficultés presque insurmontables; mais il est facile de comprendre qu'à un moment donné de l'ontogénèse, quel que soit ce milieu, il ne pourra déterminer l'évolution des cellules génétiques neutres arrivées à la phase sexuelle que dans un sens ou dans l'autre, et non dans les deux sens à la fois. Par conséquent, le milieu interne organique étant favorable, toutes les cellules génétiques arrivant successivement à la phase sexuelle, deviendront ou bien des cellules sexuelles mâles, ou bien des cellules femelles.

S'il en était toujours ainsi, chaque organisme ne pourrait jamais produire que des cellules mâles ou des cellules femelles, c'est-à-dire qu'il serait unisexuel. Mais nous devons remarquer ici que le milieu interne peut bien devenir apte à la détermination de l'un et de l'autre sexe.

Nous savons que ce milieu interne organique change incessamment à cause même de l'évolution ontogénétique. Si donc il a été pendant un certain laps de temps favorable à l'évolution des cellules génétiques dans le sens mâle par exemple, toutes les cellules génétiques qui, pendant ce temps, arriveront à la phase sexuelle, commenceront leur évolution dans le sens mâle et deviendront des cellules génétiques mâles. Mais si, après cette période de l'ontogénèse, le milieu change et devient favorable à l'évolution dans le sens femelle, toutes les cellules génétiques arrivant à la phase sexuelle com-

menceront au contraire leur différenciation dans ce sens et deviendront des cellules génétiques femelles.

Dans ce cas alors, l'organisme contenant ces deux sortes de cellules ne sera pas unisexuel mais hermafrodite.

L'hermafrodisme et l'unisexualisme sont donc dépendants de la nature du milieu interne et, plus particulièrement, de la constitution bioplasmatique des cellules génétiques et des transformations qu'elles doivent subir pour arriver au bout de leur évolution.

Dans les considérations qui précèdent, nous avons toujours supposé que les biomolécules arrivent à la constitution spéciale qui les rend aptes à s'additionner, dans la biomonade même qu'elles forment. Par conséquent, aussitôt que cette constitution sera atteinte, l'addition s'ensuivra nécessairement et cela, à l'intérieur de la biomonade. Nous appellerons ce mode de s'additionner, l'*addition biomoléculaire interne.*

Il nous reste donc (et cela est indispensable pour examiner tous les cas possibles dans l'immense variéte des phénomènes biologiques) il nous reste donc à considérer les cas où cette addition ne peut pas avoir lieu à l'intérieur de la biomonade.

Revenons aux formules qui représentent cette addition et aux résultats qui en dérivent :

$$\alpha ♀ + \alpha ♂ = 4\, a' \text{ (biomonade mâle)}$$
$$\alpha_0 + \alpha_1 = 4\, a^0 \text{ (» femelle).}$$

Les signes ♀, ♂, $_0$, $_1$, indiquent, ainsi que nous l'avons supposé, ces structures spéciales que les biomolécules doivent atteindre pour devenir aptes à s'additionner, et plus particulièrement, le signe ♀ indique la structure que la biomolécule femelle doit atteindre dans la biomonade mâle pour s'additionner à la biomolécule mâle α♂; et réciproquement, le signe ♂ indique la structure que la biomolécule mâle doit atteindre dans la même biomonade pour s'additionner à la biomolécule femelle α♀. On dira de même pour les biomolécules α_0, α_1.

Il est donc évident que, si ces structures ne sont pas atteintes, l'addition ne pourra avoir lieu.

Supposons, par exemple, que, dans la biomonade mâle, la biomolécule femelle arrive à la constitution α_2, et que la structure acquise par la biomolécule mâle ne soit pas α♂, mais α_1, et réciproquement, que, dans la biomonade femelle, la biomolécule femelle soit α_0 mais que la biomolécule mâle soit au contraire α♂. Que s'ensuivra-t-il ?

Evidemment, les deux biomolécules α_2 et α_1 ne pourront pas s'additionner, et il en sera de même des deux autres biomolécules α_0 et α♂. L'addition biomoléculaire ne pourra donc avoir lieu à l'intérieur de ces deux biomonades.

Mais si l'on suppose que ces deux biomonades puissent s'unir, il est évident qu'aussitôt que cette union se fera, les biomolécules aptes à s'additionner, se trouvant en présence l'une de l'autre, s'additionneront, c'est-à-dire que la biomolécule femelle de la biomonade mâle s'additionnera à la biomolécule mâle de la biomonade femelle et réciproquement.

Dès lors, le résultat de cette addition, dans la biomonade formée de l'union des deux biomonades sexuelles, sera évidemment la régénération de quatre biomolécules mâles et de quatre biomolécules femelles. Ce que nous pouvons représenter de cette manière :

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_0} + \frac{\alpha_1}{\alpha\male} = 4\,\alpha^1 + 4\alpha^0$$

Et comme la biomonade primitive, l'oeuf, contenait une biomolécule mâle α^1 et une biomolécule femelle α^0, nous voyons qu'après cette addition on obtiendra quatre biomonades intégralement constituées comme l'oeuf.

J'appellerai ce mode d'addition, l'*addition biomoléculaire externe.*

Par l'une aussi bien que par l'autre de ces deux sortes d'addition biomoléculaire, on arrive donc au même résultat final,

à la régénération intégrale de l'oeuf. Cependant il faut remarquer entre elles quelques différences qui ne sont pas sans importance.

L'addition biomoléculaire que je pose comme base de mon interprétation est, sans aucune doute, un véritable phénomène chimique qui s'accomplit entre les biomolécules des deux sexes. Or, dans le cas de l'addition biomoléculaire interne, ce phénomène chimique s'accomplit dans chaque cellule génétique indépendamment l'une de l'autre, c'est-à-dire avant et sans que les cellules sexuelles s'unissent ; tandis que dans le cas de l'addition biomoléculaire externe, le même phénomène chimique ne peut avoir lieu sans l'union préalable de deux cellules, ainsi que nous l'avons démontré.

Et comme le résultat de ce phénomène, dans l'addition biomoléculaire interne, est la formation de quatre biomolécules égales, toutes du même sexe, et, par conséquent, de quatre biomonades ou de quatre cellules mâles ou femelles, il s'ensuit que nous pouvons et devons distinguer nécessairement deux sortes de cellules génétiques, à savoir des cellules génétiques mâles, parce qu'elles donnent origine, après l'addition biomoléculaire, à des cellules mâles, à des spermatozoïdes par exemple, et des cellules génétiques que nous appelons femelles, parce qu'elles donnent lieu à la formation de cellules femelles, d'oeufs.

Mais cette distinction n'est pas toujours possible dans les cellules où l'addition biomoléculaire est externe, et nous pouvons facilement en comprendre la cause.

Il est vrai que la constitution chimique des biomolécules, dans les deux sortes de cellules qui doivent s'unir, est différente; mais cette différence peut bien ne pas se rendre manifeste à l'extérieur par des caractères accessibles à nos moyens d'observation.

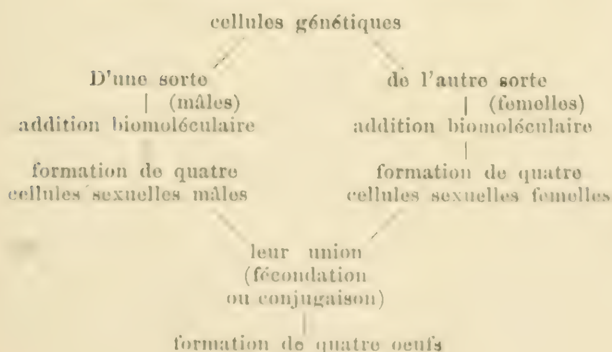
Or, dans le cas de l'addition biomoléculaire interne, quand même il existe la difficulté ou l'impossibilité de reconnaître les deux sortes de cellules génetiques par des caractères ex-

térieurs avant le résultat de l'addition biomoléculaire, ces difficultés disparaissent dans la plupart des cas aussitôt qu'après l'addition nous voyons se former des cellules, toutes d'une sorte, mâles et femelles généralement bien reconnaissables par leurs caractères morphologiques.

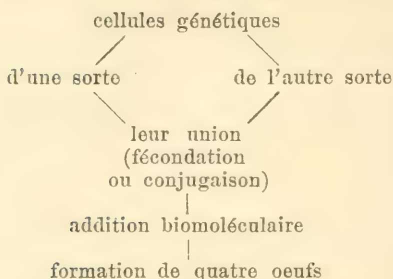
Mais dans le cas de l'addition biomoléculaire externe, cela n'a pas lieu: car l'addition se faisant après l'union des deux sortes de cellules, les quatre cellules ou les quatre biomonades qui en résultent, sont, dès leur origine, des cellules et des biomonades complètes, c'est-à-dire constituées aussi bien de biomolécules mâles que de biomolécules femelles. Aussi n'est-il pas possible de les distinguer en biomonades ou en cellules de l'un ou de l'autre sexe, comme il était possible de le faire dans le cas de l'addition biomoléculaire interne.

Or, comme nous appelons fécondation ou conjugaison l'union des cellules devant servir à la reproduction, nous pouvons résumer les différences entre les deux sortes d'addition biomoléculaire par le schéma suivant:

Addition biomoléculaire interne



Addition biomoléculaire externe



On conçoit facilement que les considérations que nous avons faites et les conclusions que nous avons tirées dans ce chapitre même sur le moment et les phases sexuelles, dans le cas de l'addition biomoléculaire interne, peuvent être appliquées intégralement aux cellules génétiques où l'addition biomoléculaire est externe.

Nous résumerons donc :

1°) *L'addition biomoléculaire peut être interne ou externe.*

2°) *Si l'addition biomoléculaire est interne, elle précède la fécondation, et celle-ci est nécessaire pour la régénération intégrale de l'oeuf.*

3°) *Si l'addition biomoléculaire est externe, elle se fait après la fécondation, et le résultat en est la régénération intégrale de quatre oeufs.*

4°) *Dans l'une aussi bien que dans l'autre de ces deux sortes d'addition biomoléculaire, il faut distinguer dans l'évolution des cellules génétiques un moment et une phase sexuels mâles ou femelles, et, par suite, la formation de parties du soma métagénétiques et de cellules paragénétiques mâles ou femelles.*

CHAPITRE V.

L'addition biomoléculaire externe.

SOMMAIRE : L'addition biomoléculaire externe dans les êtres unicellulaires — Interprétation des divisions asexuelles de ces êtres — Leur période de préparation biomoléculaire — Nécessité et utilité de cette période — La multiplication — Nécessité du fusionnement de deux individus — Différences morphologiques et différences bioplasmatiques — Conséquences morphologiques du fusionnement — Contraction de la masse totale — Fusionnement des noyaux et des biomores — Les deux cytodiérèses successives — Nombre et valeur des chromosomes de la première cytodiérèse — Formation des tétrades — Résumé.

Après l'exposition que nous venons de faire des phénomènes de la reproduction à un point de vue tout-à-fait théorique, passons maintenant à l'étude des manifestations réelles, telles que nous les pouvons apercevoir dans les cellules constituant les êtres et commençons par l'examen de l'addition biomoléculaire externe.

Deux cas sont possibles : 1°) l'organisme est unicellulaire ; 2°) l'organisme est pluricellulaire.

Considérons-les séparément.

L'organisme est unicellulaire.

On sait que plusieurs organismes unicellulaires (et le nombre s'en accroîtra encore à mesure que nos connaissances progresseront et que les moyens de recherche se perfectionneront) on sait donc que plusieurs organismes unicellulaires ont le pouvoir de se diviser sans se conjuguer ou sans se féconder, et qu'après un certain nombre de divisions, ils doivent se conjuguer ou se féconder, sans quoi ils ne pourraient se diviser ultérieurement.

Je n'entends pas parler ici des Infusoires, dont le phénomène du rajeunissement sera le sujet d'un autre chapitre de cette partie même, mais des autres êtres unicellulaires végétaux ou animaux dont les exemples ne sont pas rares.

Or, dans ce cas, le phénomène de division sans conjugaison ou sans fécondation est généralement considéré par la plupart des Biologistes comme une véritable reproduction, de sorte que, d'après cette interprétation, si nous appelons *a* l'individu avant sa division, nous devons nécessairement appeler *a*, *a* les deux individus issus de sa division. Car il est évident qu'il ne peut exister de véritable reproduction que dans le cas où un organisme *reproduit* un autre, ou deux autres ou plusieurs autres individus égaux à lui-même au moment de sa naissance et capables de suivre, dans des conditions identiques, la même évolution.

Si donc l'organisme *a* par sa division a réellement reproduit soi-même, c'est-à-dire s'il a donné origine à deux autres individus *a*, *a*, chacun de ceux-ci, en suivant la même évolution que le premier, étant donné que les conditions de développement soient identiques, produira, à son tour, deux autres individus, et ainsi de suite. Par conséquent, après un nombre quelconque de divisions, les individus seront devenus plus nombreux ; mais si ces divisions sont de vraies reproductions, leur constitution sera inévitablement toujours identique à celle qu'avait l'individu primitif *a*. Et s'il en est ainsi, pourquoi ne peuvent-ils, ces organismes, se reproduire ultérieurement sans fécondation ?

En interprétant la division des êtres unicellulaires comme une véritable reproduction, nous arrivons donc nécessairement à une conclusion presque absurde, et la fécondation, indispensable pour la reproduction, devient alors un phénomène dont nous ne pouvons comprendre exactement la signification sans faire des hypothèses plus ou moins insoutenables et se heurtant en tout cas contre les principes de la science positive.

Dès lors, ne sommes-nous pas autorisés à douter sérieu-

sement de l'exactitude de cette interprétation? Où trouvons-nous les preuves que les individus naissant de la division d'un être unicellaire préexistant soient parfaitement identiques à celui-ci? Evidemment dans les caractères morphologiques, les seuls que nous pouvons connaitre par nos moyens actuels d'investigation. Mais il est clair que ceux-ci sont bien loin de nous fournir des preuves de l'identité de constitution chimique de leur bioplasma, d'autant plus si la différence dans cette constitution n'est pas trop grande.

N'avons-nous pas d'ailleurs de nombreux exemples où la diversité incontestable de certaines cellules ne se révèle par aucun caractère morphologique?

C'est en base à ces considérations que je ne crois pas que les divisions des êtres unicellulaires puissent être envisagées comme de vraies reproductions. De même qu'une cellule quelconque, en se divisant d'après le développement homogénétique ou hétérogénétique, peut donner lieu à deux autres cellules différentes de la première, de même aussi un être unicellulaire peut, en se divisant, donner origine à deux autres individus différents du premier.

La division d'une cellule n'implique pas toujours sa reproduction. Celle-ci n'a lieu, ainsi que nous l'avons vu dans la 1e partie de ce travail (chap. II), que dans le cas du développement autogénétique, où une cellule *a* se divise en deux cellules *a*, *a*; mais dans les développements homogénétique (où la cellule *a* se divise en deux autres cellules *b*, *b*) et hétérogénétique (où *a* se divise en *b*, *c*) la division a lieu sans reproduction. Les divisions des êtres unicellulaires précédant la fécondation ou la conjugaison ne sont donc pas, d'après mon mode d'envisager le phénomène, de véritables reproductions, mais simplement des divisions homogénétiques ou hétérogénétiques.

Si nous appelons *a* un organisme unicellulaire quelconque et supposons que *a* représente sa constitution bioplasmatique à l'instant de sa naissance après la reproduction par conju-

gaison ou fécondation, et si nous admettons que cet organisme ne puisse se reproduire asexuellement, cela n'implique pas qu'il ne puisse se diviser. Mais il est clair que pour arriver à se reproduire sexuellement, les biomolécules de son bioplasma devront subir des transformations chimiques les amenant, après une période plus ou moins longue, à une constitution telle que l'addition biomoléculaire puisse se faire et que la reproduction par fécondation soit possible, d'après ce que nous venons de démontrer dans les chapitres précédents.

Considéré à ce point de vue, l'organisme unicellulaire, au moment de sa naissance, peut être comparé parfaitement à l'oeuf fécondé, et les individus issus de ses divisions répétées, aux lignées des cellules génétiques des organismes pluricellulaires.

Et comme nous avons démontré au chapitre III que l'addition biomoléculaire ne peut avoir lieu dans l'oeuf même mais seulement dans les cellules dérivées de la segmentation de celui-ci, il s'ensuit encore que l'addition biomoléculaire ne peut se faire entre les individus primitifs, mais seulement entre les individus dérivés des divisions de ceux-ci.

De même que, chez les êtres pluricellulaires, les nombreuses divisions des cellules génétiques marquent les étapes par lesquelles ces cellules acquièrent peu à peu la constitution bioplasmatique nécessaire pour l'addition biomoléculaire et, par suite, pour la fécondation, de même aussi les divisions des organismes unicellulaires marquent les étapes par lesquelles leur constitution bioplasmatique arrive peu à peu à la phase d'addition biomoléculaire et de reproduction sexuelle. La différence dans les deux sortes d'organismes ne réside que dans un phénomène d'importance tout-à-fait secondaire: à savoir que, dans les organismes pluricellulaires, les nombreuses cellules issues des divisions de la cellule primitive restent unies entre elles en constituant l'ensemble des cellules génétiques c'est-à-dire la glande sexuelle, tandis que dans les êtres unicellulaires, les individus naissant de la division de l'individu primitif se séparent et vivent isolément.

Cette séparation est possible dans ces êtres, parce que leur organisation spéciale les rend aptes à vivre isolément dans le milieu ambiant externe, tandis que les cellules génétiques des êtres pluricellulaires doivent puiser leur nourriture dans le milieu interne de l'organisme même auquel elles appartiennent.

Il s'ensuit donc que nous devons distinguer aussi dans les êtres unicellulaires une période de préparation et une période de maturation biomoléculaire. La période de préparation est constituée par la série des divisions qui ont lieu à partir de l'individu *a* jusqu'à la dernière division précédant la fécondation ou la conjugaison ; la période de maturation comprend le dernier développement biomoléculaire amenant l'organisme à une constitution telle que l'addition biomoléculaire soit possible.

La période de préparation est donc indispensable comme phénomène préparatoire de la reproduction sexuelle ; car sans elle, les organismes ne pourraient arriver à la constitution nécessaire pour l'accomplissement de cette fonction. Aussi nous pouvons comprendre parfaitement et rationnellement pourquoi les êtres unicellulaires se reproduisant par fécondation ou conjugaison ne peuvent se reproduire par ce mode qu'en passant préalablement par une période de divisions (période de préparation) interprétées peu exactement, ainsi que nous venons de le démontrer, comme des véritables phénomènes de reproduction asexuelle.

D'ailleurs, la période de préparation n'est pas seulement une nécessité. Elle présente aussi des avantages très grands pour la conservation de l'espèce.

De même que, chez les êtres pluricellulaires, c'est pendant toute la période de préparation que les cellules génétiques accroissent leur nombre à mesure que les divisions se succèdent jusqu'à la phase de maturation, et que, par ce mode, a lieu la multiplication de ces cellules et, par suite, des organismes qui en peuvent naître, de même aussi, chez les êtres unicel-

lulaires, c'est pendant la période de préparation que le nombre des individus issus de l'individu primitif s'accroît à chaque division (1). C'est donc pendant cette période que se fait la multiplication de ces êtres, indispensable pour la conservation de l'espèce.

La période de préparation sexuelle est donc un phénomène nécessaire et en même temps d'une très grande utilité pour ces organismes.

Quant au mode de développement biomoléculaire homogénétique et hétérogénétique suivi par l'organisme pendant cette période, nous ne pouvons le connaître, faute de moyens de recherche. D'ailleurs tous les deux sont possibles, et les déductions que nous venons de tirer ne changent nullement dans l'un et dans l'autre. Il faut seulement remarquer que si le développement suivi par l'organisme est homogénétique, nous verrons les individus issus des divisions de l'individu primitif arriver tous en même temps à la phase de maturation et, par suite, de fécondation ou de conjugaison, tandis que si le développement a été hétérogénétique, cette phase ne sera atteinte par les individus issus des divisions que successivement en supposant, bien entendu, que le développement ait été monodique (2).

En partant de ces considérations et d'après la manière

---

(1) Il faut remarquer que ces divisions peuvent être parfois virtuelles, c'est-à-dire que le corps de l'organisme ne se divise pas, ce qui n'exclut pas que la préparation se fasse également. L'absence de division du corps ne veut pas dire que les biomolécules et les biomores qui les forment ne se soient pas divisés. Ceux-ci peuvent par leurs divisions former des systèmes symbiotiques toujours plus complexes, ainsi que je l'ai démontré dans la Ie Partie de ce travail, et dans ce cas, la masse du corps s'accroîtra progressivement sans se diviser. Mais la préparation et la multiplication ne s'en feront pas moins; car, à la fin de la période de préparation, nous verrons naître d'une seule masse autant d'individus qu'ils s'en seraient formés si les divisions du corps avaient eu lieu réellement. C'est ce que nous voyons dans certaines espèces de Coccidies et d'Algues.

(2) Voir les considérations sur la nature et sur les résultats du développement monodique dans la IIe Partie.

dont nous venons d'interpréter les phénomènes, voyons donc quelles seront les conséquences réelles que nous pourrons constater sur les organismes unicellulaires où l'addition biomoléculaire est externe.

Supposons donc un organisme unicellulaire A à l'instant où il vient de naître après la conjugaison ou la fécondation.

Cet organisme sera nécessairement constitué de biomores provenant des deux organismes dont la conjugaison a produit la reproduction et, par suite, la naissance de A. Les biomolécules de ces biomores posséderont une constitution chimique déterminée qui subira des transformations, à la suite de l'assimilation, produisant, à chaque division biomoléculaire, suivie de la division biomorique et puis du corps de l'organisme, des individus dont la constitution biomoléculaire sera différente de ce qu'elle était auparavant. De cette manière, par une série plus ou moins longue de divisions constituant la période de préparation pendant laquelle se fait la multiplication des individus, les biomolécules arriveront peu à peu à leur dernière phase de transformation, c'est-à-dire à cette phase où nous supposons qu'elles soient additionnables.

Mais comme, dans le cas que nous considérons, nous supposons que l'addition biomoléculaire soit externe, nous admettons implicitement que l'addition entre les biomolécules d'origine différente contenues dans le corps d'un seul individu n'est pas possible. L'addition biomoléculaire ne pourra donc avoir lieu que si les biomolécules de cet individu peuvent s'additionner à des biomolécules d'un autre individu où les biomolécules soient arrivées, elles aussi, à une constitution spéciale qui les rend additionnables.

Il s'ensuit donc que la reproduction ne pourra absolument avoir lieu sans l'union préalable de deux individus.

Or, la constitution des biomolécules de ces deux individus ne peut être évidemment la même, ainsi que nous l'avons démontré au chapitre précédent. Elle doit être différente; mais cette différence chimique peut bien ne pas se manifester par

la forme du corps. Et comme la distinction entre la nature des organismes est basée, dans l'état actuel de la science, sur les caractères morphologiques, il s'ensuit nécessairement que lorsque une différence dans ceux-ci n'existe pas ou n'est pas appréciable par nos moyens de recherche, nous en concluons que les organismes sont égaux.

C'est ce qu'on fait généralement dans l'étude des phénomènes de la reproduction où la distinction entre la conjugaison et la fécondation est basée exclusivement sur des caractères morphologiques. On dit, en effet, qu'il y a conjugaison et non fécondation, lorsque les individus qui s'unissent sont semblables. Mais cette distinction, en réalité, n'est pas soutenable ou du moins elle ne le serait que si l'on pouvait démontrer qu'à une différence dans la constitution chimique correspond toujours une différence morphologique. Ce qui est très loin d'être démontré.

Nous pouvons au contraire retenir que les individus se conjuguant, bien que morphologiquement semblables, sont différents dans leur constitution bioplasmatique, d'autant plus si nous considérons, que dans les êtres pluricellulaires, on peut trouver une foule d'exemples où des cellules qui, sans aucun doute, présentent une diversité dans leur constitution chimique, ne laissent pas apercevoir dans leurs caractères morphologiques des différences appréciables.

D'ailleurs, si même on voulait admettre que les individus qui se conjuguent sont parfaitement identiques entre eux dans leur constitution chimique, comment pourrait-on alors interpréter leur conjugaison? Que résulterait-il de leur union, sinon une simple duplication de l'être? Les deux individus ne resteraient-ils pas égaux à ce qu'ils étaient auparavant? Dès lors, pourquoi se conjugueraient-ils?

C'est d'après ces considérations que je ne crois pas que la vraie conjugaison puisse exister. Je pense au contraire que, alors même que les deux êtres se conjuguant sont morphologiquement identiques, ils ne le sont qu'en apparence; car

dans leur constitution chimique intime, ils sont bien différents. Par conséquent, la conjugaison n'est qu'apparente, elle aussi; mais en réalité il s'agit toujours d'une véritable fécondation (1).

Qu'ils soient morphologiquement semblables ou qu'ils ne le soient pas, les deux individus, arrivés à la phase où leurs biomolécules sont additionnables, doivent donc se fusionner afin que l'addition biomoléculaire puisse avoir lieu. Alors évidemment, les biomolécules mâles de l'un s'additionneront avec les biomolécules femelles de l'autre et réciproquement. Le résultat en sera, ainsi que nous l'avons vu, la formation de quatre biomolécules mâles et de quatre biomolécules femelles égales à celles que l'individu A possédait à l'instant de sa naissance. Et comme l'ensemble des biomolécules de cet individu forme un système symbiotique, il y aura nécessairement, dans la masse bioplasmatique résultant de l'union des deux individus qui se sont fusionnés, quatre systèmes symbiotiques égaux à celui de l'individu A: d'où la nécessité de la division de cette masse en 4 autres masses égales à celle de l'individu primitif.

Ainsi a eu lieu la vraie reproduction et l'organisme a fermé son cycle vital: car, étant parti d'une phase primitive A, il est arrivé, après une série plus ou moins longue de transformations, à la même phase qui a été son point de départ.

Portons maintenant notre attention sur les phénomènes intimes qui doivent s'accomplir pendant l'addition biomoléculaire; et afin de pouvoir mieux contrôler nos résultats théoriques avec les réels, choisissons, pour l'analyse des manifestations que nous devons étudier, les parties de l'organisme qui, par nos moyens actuels de recherche, sont accessibles à notre observation. Je veux dire les noyaux et la chromatine.

---

(1) A la suite de ces explications, le mot conjugaison n'a évidemment plus raison d'exister d'après mon interprétation. Aussi, je l'abandonnerai dorénavant pour y substituer le seul mot de fécondation.

Aussitôt que l'union des deux individus sera accomplie, les biomolécules mâles de l'un s'additionneront aux biomolécules femelles de l'autre et réciproquement. Or cette addition est évidemment un phénomène chimique et exige le contact des biomolécules qui doivent s'additionner et, par suite, la fusion des biomores qu'elles forment.

Nous verrons donc, dans l'accomplissement de ce phénomène, non seulement une simple juxtaposition des deux noyaux, mais une véritable fusion de ceux-ci, et les biomores de la chromatine de l'un et de l'autre s'uniront, eux aussi, pour former un seul biomore.

Ce que nous pouvons apercevoir dans les noyaux doit aussi s'accomplir dans les autres biomores du cytoplasma; mais dans ce cas, le phénomène échappe à notre observation, à cause de l'insuffisance de nos moyens de recherche pour mettre en évidence les particules du cytoplasma. Cependant il faut remarquer que, dans la fécondation de plusieurs Algues, cette union a été constatée et on a parfois réussi à voir que les chloroleucites, par exemple, se fusionnent, eux aussi.

Un autre phénomène caractérisant cette addition biomoléculaire, c'est la contraction que doivent subir nécessairement les deux masses bioplasmatiques après leur union. Cette contraction est la conséquence nécessaire de l'addition même; car il est évident que lorsque deux biomores se fusionneront afin que leurs biomolécules puissent s'additionner, ils ne formeront qu'un seul biomore, et on comprend facilement que ce fusionnement, s'accomplissant entre tous les biomores, produira une diminution dans le volume de la masse totale et, par suite, une contraction plus ou moins forte. C'est ce qui précisément a été constaté dans la fécondation de la plupart des Algues.

Une vraie fusion des noyaux, des biomores de chromatine et des autres biomores constituant les bioplasmas des individus qui s'unissent, et une contraction plus ou moins forte de la masse totale après leur union, tels sont donc les caractères di-

stinctifs de ce mode de fécondation, permettant de le distinguer de l'autre mode où l'addition biomoléculaire est interne. Nous verrons en effet que, dans ce cas, l'union des deux individus ou des deux gamètes n'est pas suivie d'une vraie fusion (phénomène chimique) de leurs biomores, mais seulement d'une juxtaposition de ceux-ci (phénomène physique) et, par suite, que la contraction caractéristique, effet d'une réaction chimique, ne peut avoir lieu.

Le résultat de l'addition biomoléculaire sera évidemment, ainsi que nous l'avons démontré, la formation d'une biomolécule plus complexe capable de se diviser en deux biomolécules qui, par leur division, donneront origine à deux autres biomolécules égales à celles qui constituaient l'individu A au moment de sa naissance.

Le dédoublement de chaque biomolécule produira évidemment, comme nous l'avons démontré dans la Ire partie, la division de chaque biomore, et le dédoublement successif des biomolécules, une seconde division des biomores, de manière que chaque biomore produira, par deux divisions successives, quatre biomores.

Par conséquent, chaque biomore de chromatine donnera origine à quatre autres biomores de chromatine, sans que ces deux divisions successives soient séparées par la période assimilatrice, généralement dite la période de repos.

Quels seront donc les résultats apercevables de ce phénomène chimique ?

Le premier dédoublement des biomolécules en deux autres égales entre elles produira évidemment dans la masse totale des deux individus fusionnés un double système symbiotique, et par conséquent, la division des biomores, constituant, eux aussi, un double système symbiotique, sera suivie de la division de la cellule, de la cytodiérèse, d'après l'interprétation que nous en avons donnée dans la Ire partie de ce travail.

Nous verrons donc se former la plaque équatoriale constituée par un certain nombre de chromosomes. Quel sera ce nombre ?

Nous pouvons le déterminer en analysant les phénomènes qui se sont passés.

Supposons que le nombre caractéristique des chromosomes de l'organisme A, considéré à l'instant de sa naissance, soit *n*. Lors de la première division, après la première période d'assimilation, ce nombre ne sera pas changé. Les deux individus qui naîtront auront donc le même nombre *n* de chromosomes, et celui-ci se maintiendra toujours le même jusqu'à la dernière division.

Lorsque deux individus, ayant le même nombre normal *n* de chromosomes, s'uniront, l'individu résultant de leur union en possèdera un nombre 2*n*; mais comme chaque chromosome de l'un se fusionnera avec un chromosome correspondant de l'autre, il s'ensuivra nécessairement qu'après ce fusionnement, le nombre des chromosomes sera encore *n*, c'est-à-dire qu'il ne sera pas augmenté.

Par conséquent, lorsque apparaîtra la plaque équatoriale caractérisant la première division après la fusion des deux individus, nous y verrons un nombre de chromosomes égal au nombre normal *n*. Cependant ces chromosomes ne seront pas équivalents aux chromosomes des autres cytodiérèses, et nous pouvons nous en convaincre facilement.

En effet, dans les cytodiérèses usuelles, la division de la cellule est provoquée, ainsi que nous l'avons démontré, par la division des biomores, et celle-ci est, à son tour, provoquée par la division de chaque biomolécule en deux autres biomolécules. Par conséquent, chaque biomore et, par suite, chaque chromosome est, à la phase de plaque équatoriale, double de ce qu'il était lors de la naissance de la cellule qui se divise. Nous avons alors démontré que l'effet de l'assimilation est précisément de doubler la substance bioplasmatique de la cellule.

Nous avons même démontré que, à la phase de plaque équatoriale, les chromosomes sont en réalité déjà doubles, quoiqu'ils soient parfois tellement rapprochés que leur duplicité

ne s'aperçoit pas facilement, et qu'un des résultats de l'orientation bionomique, cause fondamentale de la cytodiérèse, c'est d'éloigner peu à peu l'un de l'autre les chromosomes, de manière que leur duplicité primitive se révèle peu à peu à notre observation. Quoi qu'il en soit, il est sûr que la quantité totale de chromatine, à la phase de plaque équatoriale, est double de ce qu'elle était à la naissance de la cellule qui se divise.

Mais dans le cas que nous considérons, les choses se passent bien autrement.

En effet, pendant la période de maturation, c'est-à-dire pendant la dernière période d'assimilation précédant l'union des individus fécondables, la substance bioplasmatique a doublé sa quantité, à cause de l'assimilation même, tout comme dans les périodes assimilatrices ordinaires. Et puisque le même phénomène s'est passé évidemment dans chacun des deux individus, il est clair que lorsque ceux-ci se fusionneront, la somme totale de la substance bioplasmatique sera le quadruple de la quantité primitive. Les chromosomes paraissant dans la plaque équatoriale de la première cytodiérèse ne seront donc pas bivalents comme dans les cytodiérèses ordinaires, mais quadrivalents, c'est-à-dire qu'ils seront équivalents en masse à quatre fois les chromosomes de l'individu A à l'instant de sa naissance.

Quant à la constitution morphologique de ces chromosomes apercevable par nos moyens d'observation, nous pouvons considérer ces deux cas possibles: ou bien les quatre chromosomes univalents constituant chaque chromosome quadrivalent sont, dès la phase de la plaque équatoriale, visiblement séparés l'un de l'autre, et alors nous constaterons la formation caractéristique de cette cytodiérèse, c'est-à-dire les tétrades; ou bien les chromosomes univalents sont si intimement accolés l'un à l'autre qu'ils n'en constituent morphologiquement qu'un seul, et alors nous ne verrons pas la formation réelle des tétrades, quoique cette formation existe virtuellement dans chacun des chromosomes quadrivalents.

En tout cas, que les tétrades soient visibles, ou qu'elles ne le soient pas, toujours est-il que deux cytodiérèses successives auront lieu sans être séparées par la phase assimilatrice ordinaire (phase de repos), qui est nécessaire et indispensable pour les autres cytodiérèses normales.

Nous verrons plus tard, en parlant de l'addition biomoléculaire interne, qu'un phénomène analogue, avec ou sans tétrades, mais caractérisé par deux divisions successives, a lieu aussi dans la maturation des cellules sexuelles ; mais dans ce cas, ce phénomène sera accompagné nécessairement d'une réduction à moitié du nombre normal des chromosomes, tandis que, dans le cas présent, cette réduction n'a pas lieu.

Le caractère distinctif de l'addition biomoléculaire externe, ce sont donc les deux cytodiérèses successives et, éventuellement, la formation des tétrades, sans que le nombre normal des chromosomes subisse une réduction quelconque.

Malheureusement, nos connaissances actuelles ne nous permettent pas de citer de nombreux exemples d'organismes où ce mode de fécondation a lieu, parce qu'on n'a pas toujours tenu un compte exact et rigoureux des phénomènes qui suivent le fusionnement des individus, et du nombre des chromosomes avant et après ce fusionnement. Mais si l'on juge d'après les connaissances, quoique insuffisantes, qu'on possède aujourd'hui, on a raison d'arguer que les choses se passent réellement comme nous venons de l'énoncer.

Dans quelques Champignons en effet, et plus particulièrement dans la plupart des Algues unicellulaires et dans certains Protozoaires, on a constaté que le fusionnement des deux individus est suivi d'une division de la masse totale en quatre autres individus. Or, quelle signification peut avoir ce nombre de quatre, si ce n'est le résultat du phénomène que nous avons décrit ?

Nous possédons des connaissances plus exactes sur certains de ces organismes unicellulaires, et celles-ci coïncident d'une manière frappante avec nos résultats théoriques. KLEBAHN a

constaté, par exemple, que dans *Closterium* et *Cosmarium* le fuseau qui se forme après le fusionnement de deux individus se divise ensuite en deux demi-fuseaux qui ne reviennent pas au stade de repos nucléaire, mais qui se préparent immédiatement à une seconde division (1).

Certes, dans l'étude de ces phénomènes, la comparaison des résultats théoriques avec les faits réels doit être faite *cum grano salis*. On ne doit pas oublier que nous sommes forcés ici d'exposer ces résultats d'une manière schématique, en visant surtout à l'explication des phénomènes fondamentaux et en négligeant parfois les phénomènes accessoires qui n'ont qu'une importance tout à fait secondaire et qui ne modifient nullement les résultats principaux.

Ainsi, par exemple, le fusionnement des deux individus peut bien se faire avant que leurs biomolécules soient additionnables. Nous verrons alors leurs deux corps se fusionner sans que les biomores et, par suite, les noyaux et les chromosomes se fusionnent eux aussi. Mais dès que les biomolécules seront devenues additionnables, leur addition aura lieu et les deux cytodiérèses successives s'ensuivront nécessairement. Cela peut se vérifier dans certains organismes où le fusionnement des individus a lieu, par exemple, à l'automne, et où l'addition des biomolécules ne se fait qu'au printemps suivant. Mais dans ce cas, nous pourrons constater que le fusionnement des individus n'est pas aussitôt suivi de l'addition de leur biomores, et qu'au printemps cette addition est aussitôt suivie des deux cytodiérèses caractéristiques.

Quant au mode d'accomplissement de ces deux cytodiérèses, cela peut dépendre des conditions spéciales qui peuvent varier d'une espèce à l'autre, sans que pour cela le phénomène fondamental en soit changé. Dans certains cas, par exemple,

(1) Hertwig O. — *La cellule et les tissus*, trad. par C. Julin. Paris, vol. I, 1894, p. 262.

où dans le corps des organismes qui se fusionnent il n'y a pas une grande quantité des substances brutes deutoplasmatiques ou de réserve, la cytodiérèse pourra intéresser toute la masse de fusionnement, qui se divisera en quatre parties égales. On obtiendra alors, après les deux divisions successives, quatre individus égaux au primitif. Dans d'autres cas au contraire, soit à cause de la grande quantité des substances de réserve, soit encore à cause de phénomènes spéciaux dépendant de la nature chimique des substances de la cellule, le fuseau de division ne pourra contracter de relations de position avec toute la masse, et les deux cytodiérèses pourront donc la diviser ou bien en deux masses grandes et deux autres petites, comme dans *Closterium*, ou bien en trois masses petites et une seule grande. Dans ce dernier cas, la formation de trois petites cellules ne contenant point ou ne contenant guère de substances de réserve prendra toute l'apparence de l'émission de globules polaires, à cette différence près que le nombre des chromosomes dans ce cas sera normal et non réduit à moitié, comme dans les véritables globules polaires caractéristiques de la maturation de l'ovule. Quoi qu'il en soit, on comprend aisément que le phénomène fondamental et sa signification conservent toute leur valeur.

Il est évident que les quatre ou les deux ou l'individu unique qui résulteront de ces deux divisions pourront se diviser ultérieurement. Ils sont en effet des cellules, des biomonades complètes; ils peuvent donc assimiler soit aux dépens des substances de réserve qu'ils contiennent, soit aux dépens des substances du milieu ambiant externe où ils vivent. Cette assimilation produira donc leur division, et celle-ci pourra se répéter un nombre de fois plus ou moins grand, donnant lieu à la formation de plusieurs individus. Mais ces divisions n'auront rien à faire avec les deux divisions successives, sans période intermédiaire d'assimilation. Dans l'examen des produits résultant de la masse de fusionnement des deux individus, on ne devra donc pas tenir compte du nombre de ces

produits car celui-ci peut varier d'une espèce à l'autre, mais des deux cytodiérèses successives, qui sont les seuls et les vrais caractères du phénomène que nous étudions.

2°) L'organisme est pluricellulaire.

Les considérations que nous venons de faire et les conclusions que nous en avons tirées pour l'addition biomoléculaire externe dans les organismes unicellulaires, peuvent être facilement appliquées aux organismes pluricellulaires.

En effet, si nous faisons abstraction de la partie somatique de ces êtres, qui ne nous intéresse pas dans ce cas, nous pouvons comparer parfaitement l'oeuf de ceux-ci à l'organisme A, les divisions successives de cet oeuf et plus particulièrement les cytodiérèses des cellules génétiques qui en dérivent, aux divisions de l'organisme A et de ses descendants, c'est-à-dire aux cytodiérèses de la période de préparation, et les gamètes, produits définitifs de cette période, aux individus qui doivent se fusionner.

Le fusionnement des deux gamètes sera donc suivi de l'addition biomoléculaire. Le nombre des chromosomes des gamètes sera normal, et celui des chromosomes de la masse de fusionnement sera, lui aussi, normal. Chacun de ces chromosomes sera quadrivalent, avec ou sans formation visible de tétrades. Deux cytodiérèses se suivront sans période intermédiaire assimilatrice (période de repos), et le résultat final sera la formation de quatre oeufs égaux au primitif, ou bien de deux oeufs et de deux corpuscules, ou bien d'un oeuf seul et de trois corpuscules, tous avec le nombre normal de chromosomes.

Les exemples de cette sorte de reproduction sont assez fréquents dans certains Champignons et dans plusieurs Algues pluricellulaires.

En concluant, nous pouvons donc résumer:

1° *Les bipartitions asexuelles des êtres unicellulaires, interprétées généralement comme de véritables phénomènes de reproduction, ne sont pas telles.*

2° *Les individus naissant d'une bipartition d'un individu préexistant ne sont pas parfaitement identiques à celui-ci.*

3° *A chaque division, les individus qui en résultent sont quelque peu différents du premier dans leur constitution bioplasmatique.*

4° *Chaque division marque une étape par laquelle la constitution bioplasmatique se rapproche de cette constitution spéciale où les biomolécules sont additionnables.*

5° *L'ensemble de ces divisions constitue donc la période de préparation nécessaire à l'addition biomoléculaire.*

6° *Chaque reproduction sexuelle des organismes unicellulaires doit donc être séparée de l'autre par une série plus ou moins longue de divisions asexuelles, caractéristiques de cette période de préparation.*

7° *C'est pendant cette période de préparation que se fait la multiplication de ces êtres.*

8° *Bien que les individus ou les gamètes qui se fusionnent soient morphologiquement égaux, leur constitution biomoléculaire doit néanmoins être différente. Aussi une véritable conjugaison n'existe pas.*

9° *Si l'addition biomoléculaire est externe, les phénomènes de la reproduction sexuelle doivent se présenter comme il suit :*

a) *Dans les deux individus ou les deux gamètes qui se fusionnent, le nombre des chromosomes est normal.*

b) *Le fusionnement est suivi plus ou moins tôt de l'addition biomoléculaire et, par suite, d'un véritable fusionnement des biomores. Les noyaux ne se juxtaposent pas seulement, mais ils se fusionnent réellement.*

c) *Le fusionnement des individus ou des gamètes est suivi dans ce cas d'une contraction de la masse totale.*

d) *L'addition biomoléculaire est suivie de deux cyto-diérèses successives, sans période intermédiaire d'assimilation (période de repos).*

e) *Le nombre des chromosomes dans ces divisions est toujours* [illegible]

f) *Les chromosomes de la plaque équatoriale de la première cytodiérèse sont quadrivalents, avec ou sans formation visible de tétrades.*

Chapitre VI.

La maturation des cellules sexuelles et l'addition biomoléculaire interne.

SOMMAIRE: Les cellules sexuelles — Les périodes de préparation et de maturation génétiques — L'addition biomoléculaire interne et la phase de synapsis — Les phénomènes caractéristiques de la maturation — La formation des tétrades et la réduction du nombre des chromosomes — La disparition des biomores d'un sexe — Les deux divisions successives des spermatocytes, des ovocytes, de la cellule-mère du pollen, et du noyau micropylaire du sac embryonal — Absence de division qualitativement réductrice — Egalité de constitution bioplasmatique entre les produits de ces divisions — La réduction de la quantité de chromatine - Le chromosome accessoire — Les corpuscules centraux, le spermatocentre et l'ovocentre — Les phénomènes de maturation sexuelle chez les êtres unicellulaires — Résumé.

Passons maintenant à l'étude de l'addition biomoléculaire interne.

Ici encore, nous devons considérer les deux cas analogues aux précédents: 1° où l'organisme est unicellulaire; 2°, où l'organisme est pluricellulaire. Mais comme ce dernier est de beaucoup le plus commun et le plus intéressant, nous commencerons par l'étude de celui-ci.

Supposons donc qu'un oeuf fécondé d'une espèce quelconque d'êtres pluricellulaires commence son développement. Comme, dans mon interprétation, la cause de la cytodiérèse réside dans le dédoublement des biomolécules et dans leur orientation, il s'ensuit qu'à chaque cytodiérèse, les biomores des chromosomes et, par suite, les chromosomes mêmes se dédoublant, les deux cellules filles posséderont chacune un nombre normal de chromosomes, dont la moitié d'origine paternelle et l'autre moitié d'origine maternelle.

Le même phénomène s'ensuivra nécessairement à chaque cytodiérèse ultérieure; et, si nous négligeons pour le moment les lignées des cellules somatiques, et ne tenons compte que des cellules génétiques, il est aisé de se convaincre que chacune de celles-ci contiendra, à l'instant où elle naît, par division, d'une cellule-mère précédente, le même nombre normal de chromosomes et la même quantité normale de chromatine.

Mais la constitution chimique des biomores de chromatine et, par suite, des chromosomes, ainsi que la constitution des autres biomores ne sera plus la même qu'elle était dans l'oeuf. Elle aura changé successivement à cause de l'assimilation, et arrivées à la phase génétique, les biomolécules auront commencé leur transformation graduelle dans le sens qui doit les amener peu à peu à régénérer un des deux produits sexuels, de même que, arrivant à la phase sexuelle, elles suivront deux sortes de transformations chimiques spéciales les amenant à la régénération, ou bien du produit mâle, ou bien du produit femelle.

Considérons donc ces deux cas séparément.

Nous supposerons que les cellules génétiques en question doivent aboutir à la formation des produits sexuels mâles, c'est-à-dire que la période génétique se fasse dans le sens mâle. Cela veut dire, ainsi que nous l'avons démontré, que les biomolécules d'origine mâle et d'origine femelle arrivent peu à peu à une constitution telle qu'elles soient additionnables et que le résultat de leur addition soit la régénération des biomolécules égales à celles d'origine mâle qui étaient contenues dans l'oeuf.

Pendant toute la période de préparation nous n'aurons à remarquer rien de spécial, si ce n'est l'important phénomène de la multiplication; car il est évident qu'à chaque cytodiérèse des cellules génétiques, le nombre de celles-ci s'accroîtra graduellement; et si ces cytodiérèses sont très nombreuses, on arrivera à la formation d'un nombre extraordinaire de cellules génétiques mâles, de spermatogonies.

Supposons donc qu'une de ces cellules soit arrivée à la dernière phase de son cycle évolutif, à la phase de maturation, et considérons-la au commencement de cette phase.

Evidemment le nombre des chromosomes et la quantité de chromatine seront normaux, et si aucun autre phénomène spécial n'intervenait, l'assimilation de la part des biomolécules, pendant ce dernier développement biomoléculaire, aurait pour effet final le dédoublement de ces biomolécules, et par suite, des biomores et des chromosomes, comme dans les cytodiérèses normales.

Mais comme, dans le cas que nous considérons, à la fin de ce dernier développement biomoléculaire, c'est-à-dire à la fin de la période ou phase de maturation, les biomolécules ont acquis une constitution telle que leur addition devient possible, il s'ensuivra nécessairement qu'arrivées à ce moment de leur développement, les biomolécules mâles s'additionneront aux biomolécules femelles contenues dans la même cellule, c'est-à-dire, qu'aura lieu l'addition biomoléculaire interne.

Or, ce que j'appelle période de préparation est celle même qu'on dit la phase de multiplication des spermatogonies: et la période de maturation est généralement connue sous la dénomination de phase d'accroissement. Arrivée au bout de cette phase, la spermatogonie s'est transformée en spermatocyte de I[er] ordre, et le phénomène caractéristique de cette transformation serait, d'après mon interprétation, l'addition biomoléculaire interne.

Quels seront alors les phénomènes morphologiques saisissables à nos moyens d'observation?

L'addition biomoléculaire est un véritable phénomène chimique qui s'accomplit entre les biomolécules d'une même cellule. Elle doit donc être accompagnée d'une contraction de toute la masse bioplasmatique, contraction qui est la conséquence même de l'addition: car, par elle, le nombre des biomolécules se réduit réellement à la moitié de ce qu'elles étaient auparavant, quoique les biomolécules résultantes soient de volume plus grand.

Je ne sais si cette contraction a été jusqu'ici constatée *de visu*, comme elle l'a été dans l'addition biomoléculaire externe, lors du fusionnement des deux gamètes de certaines Algues, par exemple; je crois cependant que si l'on tenait un compte exact autant que possible du volume du spermatocyte de 1er ordre avant et après cette addition, on pourrait se convaincre qu'elle a lieu réellement.

Mais si nous portons notre attention sur les parties plus facilement visibles, sur les noyaux, par exemple, et sur la chromatine, nous y constaterons des manifestations apercevables de cette addition.

J'ai dit en effet que l'addition biomoléculaire se fait entre les biomolécules d'origine mâle et celles d'origine femelle. Or, comme la chromatine du noyau du spermatocyte est toujours constituée de chromosomes mâles et de chromosomes femelles, il s'ensuit que l'addition devra avoir lieu aussi entre les biomolécules de la chromatine et, par suite, entre les biomores de cette substance.

A l'instant donc où cette addition vient de s'accomplir, les grandes masses ou granulations de chromatine, caractéristiques du noyau en repos, devront nécessairement disparaître. Le fusionnement de chaque biomore mâle avec son biomore femelle correspondant, biomores qui peuvent, dans le même noyau, constituer des masses ou des granulations différentes et éloignées l'une de l'autre, entraîne inévitablement la dissolution de ces masses en autant de particules que les biomores qui les forment. D'où cette sorte de pulvérisation de la chromatine que Prowazek (1) a décrite comme phénomène précédant la formation des tétrades dans la spermatogénèse, et que d'autres Biologistes ont d'ailleurs constatée dans plusieurs cas.

Aussitôt que ce fusionnement des biomores chromatiniques aura eu lieu, les biomolécules qui les forment s'additionne-

(1) Prowazek S. — *Zur Vierergruppenbildung bei der Spermatogenese* in : Zool. Anz. XXV Bd., 1902, p. 27-29.

ront et le résultat de cette addition sera le dédoublement de chaque biomolécule en deux autres qui, à leur tour, sans passer par une phase intermédiaire d'assimilation, se dédoubleront en deux autres biomolécules égales aux biomolécules qui constituaient la chromatine mâle de l'oeuf primitif. Et comme le dédoublement des biomolécules entraine, ainsi que nous l'avons démontré dans la 1re partie, la division des biomores, nous verrons nécessairement chaque biomore chromatinique résultant de la fusion de deux biomores se diviser en deux autres, et ceux-ci, à leur tour, se diviser tout de suite en deux autres biomores, formant de cette manière quatre biomores aux dépens d'un seul biomore de fusionnement.

Si donc on pouvait suivre exactement et rigoureusement ces phénomènes dans leurs plus petits détails, ce qui est probable avec les moyens mêmes de recherche que l'on possède aujourd'hui, on devrait constater: 1°) une espèce de pulvérisation de la chromatine précédant le fusionnement des biomores; 2°) le fusionnement des biomores chromatiniques, deux à deux; 3°) la division du biomore résultant du fusionnement en deux autres biomores; 4°) la division successive (sans phase intermédiaire d'assimilation) de ces deux biomores en deux autres, c'est-à-dire la production, par deux divisions successives, de 4 biomores aux dépens d'un seul biomore de fusionnement.

Après ces divisions commencera évidemment l'arrangement des biomores formant les chromosomes; car si l'on suppose, par exemple, qu'un des chromosomes d'origine mâle soit constitué d'une série de biomores différents, que nous pouvons indiquer tout simplement par les lettres *a, b, c, d, e, f,* et que ces biomores aient un arrangement quelconque dépendant de leur constitution chimique spéciale, il est clair que, quel que soit cet arrangement, il se reproduira exactement et inévitablement lorsque se reproduiront les biomores qui forment les chromosomes.

Or, comme les divisions du biomore de fusionnement donnent lieu précisément à quatre biomores dont chacun est égal à

ceux mêmes qui constituaient les chromosomes mâles, rien de plus naturel que ces biomores, une fois séparés, se disposent peu à peu de manière à former par leur arrangement un chromosome égal au chromosome primitif d'origine mâle.

Cependant chaque chromosome ne sera pas univalent mais quadrivalent; car, les biomores égaux entre eux et égaux aux biomores mâles étant quatre, tous dérivés, comme nous venons de le voir, des deux divisions successives d'un seul biomore de fusionnement, leur arrangement devra nécessairement donner lieu à la formation de quatre biomores univalents.

Mais, comme la séparation morphologique et visible de deux biomores ne peut avoir lieu que lorsque d'autres biomores, s'interposant entre eux, les forcent à s'éloigner l'un de l'autre, il s'ensuivra que ces quatre biomores resteront rapprochés l'un de l'autre tant que n'intervient pas l'interposition entre eux d'autres biomores, ainsi que nous l'avons démontré dans la Ire partie de ce travail, en donnant l'interprétation de la cytodiérèse.

Par conséquent, les quatre chromosomes univalents formés par l'arrangement de leurs biomores resteront plus ou moins intimement rapprochés, de sorte que, à l'observation microscopique, ils nous paraîtront ou bien si rapprochés qu'une séparation entre eux ne sera pas nettement visible, ou bien quelque peu séparés de telle sorte qu'à l'observateur attentif, leur réelle quadruplicité apparaitra d'une manière assez distincte. Dans ce cas, nous verrons évidemment cette formation des tétrades, si caractéristique de la phase de maturation de cellules génétiques.

De cette manière, tous ces phénomènes, si intéressants et en même temps jusqu'ici très énigmatiques, qui caractérisent cette phase de la maturation des cellules sexuelles et sont connus sous la dénomination générale de *synapsis*, reçoivent une explication naturelle et scientifique, qui nous permet d'arriver à l'interprétatation scientifiquement exacte non seulement de leur ensemble, mais aussi de leurs plus petits détails.

Quel sera le nombre des chromosomes qui, d'après notre intreprétation, caractérisera la plaque équatoriale de la première cytodiérèse de maturation du spermatocyte de Ie ordre? Evidemment, ce nombre sera la moitié du normal. Et nous pouvons nous en persuader facilement.

En effet, comme chaque biomore mâle se fusionne avec le correspondant biomore femelle, ce dernier doit disparaitre nécessairement comme individualité. Chaque biomolécule femelle, en s'additionnant à la correspondante biomolécule mâle, ne disparait pas comme substance, puisque ses atomes se retrouvent tous dans la biomolécule résultant de l'addition, mais disparait évidemment comme individualité, comme biomolécule femelle telle qu'elle l'était auparavant. Il est vrai que pendant l'addition, la bionnolécule mâle perd aussi son individualité: mais elle la réacquiert lorsqu'elle se divise en quatre biomolécules mâles égales aux biomolécules primitives mâles de l'oeuf. Mais il n'en est pas de même des biomolécules femelles.

Celles-ci, au contraire, perdent leur individualité sans pouvoir jamais la réacquérir; car leurs atomes ont servi, pendant l'addition et les divisions successives, à constituer les quatre biomolécules mâles qui en dérivent. Elles ont donc disparu complètement et, par conséquent, ont disparu les biomores qu'elles formaient et les chromosomes résultant de l'arrangement de ces biomores.

Le phénomène de l'addition biomoléculaire a donc pour effet de produire la disparition, dans le spermatocyte de 1er ordre, des chromosomes femelles; et, comme ceux-ci sont en nombre égal aux chromosomes mâles, il en résulte que le nombre total des chromosomes dans le spermatocyte de 1er ordre est réduit à la moité de ce qu' il était auparavant, bien que la quantité totale de chromatine ne soit pas changée absolument, ainsi que chacun pourra facilement s'en convaincre.

Il est donc évident que le spermatocyte de 1er ordre ne contiendra plus de chromosomes femelles, mais exclusivement des chromosomes mâles, et précisément un nombre de chromosomes

mâles quadrivalents, égal au nombre normal de chromosomes mâles univalents qu'il y avait dans l'oeuf.

La réduction à moitié du nombre des chromosomes, ce phénomène si curieux, si intéressant et si mystérieux, n'est donc qu'un phénomène chimique d'une très grande simplicité. Il ne s'accomplit pas dans les cytodiérèses du spermatocyte ; il se fait, au contraire, dès les premiers moments de la phase de synapsis, dans l'instant même où les biomolécules s'additionnent, bien qu'il ne devienne apercevable à nos observations qu'à la phase de la formation de la plaque équatoriale ou peu avant, lorsque la constitution morphologique des chromosomes devient visible.

Quant aux deux cytodiérèses successives, sans phase intermédiaire d'assimilation (phase de repos), que nous savons être caractéristique de la maturation des cellules sexuelles, elles ne sont que la conséquence directe des deux dédoublements biomoléculaires successifs, suivis évidemment de deux divisions successives des biomores et, par suite, de deux orientations successives des biomores produisant la division cellulaire, comme nous l'avons démontré dans la Ire partie de ce travail.

Mais ces deux cytodiérèses n'ont dans le phénomène de maturation qu'une importance tout-à-fait secondaire. Elles ne font en effet que répartir dans quatre cellules les quatre biomolécules, les quatre biomores et, par suite, les quatre chromosomes résultant des deux divisions successives de ces parties, de sorte que chaque cellule résultante, chaque spermatide ne contient que des chromosomes univalents. Mais la réduction du nombre de ces chromosomes n'a pas lieu par ces divisions, mais bien avant elles, ainsi que nous l'avons vu.

Les deux cytodiérèses successives ne réduisent donc pas à la moitié du normal le nombre des chromosomes, mais seulement la quantité totale de la chromatine et, plus généralement, de toute la masse bioplasmatique.

Elles ne sont pas non plus des divisions qualitativement réduc-

trices au sens de WEISMANN: et cela est évident, vu les résultats spéciaux auxquels j'arrive par mon interprétation.

Les chromosomes de chaque tétrade sont en effet tous égaux entre eux, $\frac{a}{a}\frac{a}{a}$: par conséquent, quel que soit le mode de division de ces chromosomes, transversal ou longitudinal, les chromosomes univalents des quatre spermatides seront, eux aussi, respectivement égaux.

En conclusion, les quatre spermatides qui résultent des divisions du spermatocyte de 1[er] ordre sont tous semblables, d'où l'on conclut que les spermatozoïdes doivent, eux aussi, être semblables.

Si maintenant nous passons à l'étude de la maturation de l'ovocyte, nous pouvons prévoir facilement que nous y trouverons des phénomènes parfaitement analogues et parallèles à ceux que nous venons de décrire pour la maturation du spermatocyte.

Après la période de préparation où a lieu la multiplication des ovogonies, chacune de celles-ci arrivera à la période de maturation, c'est-à-dire à la phase d'accroissement, caractérisée dans l'oeuf par la production plus ou moins abondante de substances deutoplasmatiques. Pendant cette phase, les biomolécules subiront leurs dernières transformations chimiques qui doivent les rendre additionnables, et, cette phase achevée, les biomolécules mâles s'additionneront aux biomolécules femelles correspondantes.

Il s'ensuivra nécessairement qu'après cette addition, les biomolécules résultantes se dédoubleront deux fois successivement sans passer par la phase intermédiaire d'assimilation et donneront donc lieu à quatre biomolécules égales aux biomolécules femelles de l'oeuf primitif.

Nous trouverons donc dans la maturation de l'ovocyte de 1[er] ordre une phase de synapsis correspondant parfaitement à celle même que nous avons décrite dans la maturation du spermatocyte de 1[er] ordre, et, par suite, cette sorte de pulvérisation de la chromatine due au fusionnement des biomores

chromatiniques, deux divisions successives des biomores de fusionnement, formation des chromosomes quadrivalents, réduction à la moitié du normal du nombre de ces chromosomes, disparition totale des chromosomes mâles. L'ovocyte de 1er ordre ne contient donc plus, dès le commencement de la phase de synapsis, que des biomolécules et, par suite, des biomores et des chromosomes femelles. Elle est donc devenue une cellule exclusivement femelle, tout comme le spermatocyte de 1er ordre devient, au commencement de la synapsis, une cellule exclusivement mâle.

Après cette phase viendront naturellement les deux cytodiérèses successives, conséquences directes de l'addition biomoléculaire, d'où formation de 4 cellules, contenant des biomores et, par suite, des chromosomes respectivement semblables et équivalents.

Il est donc sous entendu que, d'après mon interprétation, les globules polaires sont semblables, par leur constitution bioplasmatique, à l'oeuf même, et que par suite, leur production ne représente nullement une élimination quelle qu'elle soit de la part de l'ovocyte. Elle n'est qu'une conséquence mécanique et inévitable du phénomène même de l'addition biomoléculaire, tout comme l'est la division du spermatocyte en quatre spermatides.

La seule différence que nous devons remarquer entre les phénomènes de la maturation dans le spermatocyte et l'ovocyte, phénomènes qui d'ailleurs sont, comme nous l'avons vu, parfaitement analogues et parallèles, est dans les volumes des quatre cellules dérivées de leur division, volumes qui sont égaux ou à peu près dans les quatre spermatides, et généralement très inégaux dans les globules polaires et l'ovule.

Or, si l'on recherche la cause de cette différence de volume, on peut très facilement la trouver dans des phénomènes moléculaires accompagnant la cytodiérèse.

Bien que l'ovocyte dans certains cas soit très petit, il est néanmoins toujours très grand par rapport à la petitesse

la masse bioplasmatique vraie qu'il contient. La plus grande partie de son volume est représentée par la substance deutoplasmatique qu'il a produite.

Or cette substance ne prend part que passivement à la division de la cellule, entraînée par la division du bioplasma, qui est le seul actif dans ce phénomène. Et si la substance deutoplasmatique, substance brute, suit, elle aussi, la division cellulaire, c'est, comme nous l'avons démontré dans la Ie partie de ce travail, que les biomores du bioplasma contractent des relations de position avec les particules brutes du deutoplasma.

Mais la possibilité de contracter de ces rapports de position, phénomène vraiment de nature chimique ou moléculaire, est dépendant de la constitution chimique des deux substances, bien que cette constitution échappe à nos connaissances. On comprend donc facilement que si la constitution d'une de ces substances change, le phénomène pourra ou non avoir lieu.

C'est donc dans cette sorte de phénomènes que nous devons chercher la cause de la petitesse des globules polaires par rapport à l'ovule. Le bioplasma de l'ovocyte ne pouvant contracter des rapports de position avec les particules du deutoplasma, il s'ensuit que la cytodiérèse ne peut intéresser cette substance, et que, par conséquent, elle se borne exclusivement, ou peu s'en faut, à la substance vraiment vivante, à la substance bioplasmatique. Et comme la masse de celle-ci est très petite par rapport à la masse totale de l'ovocyte, on comprend que les globules polaires doivent être, eux aussi, très petits.

Mais si l'on fait abstraction de cette différence de volume qui n'a qu'une importance tout-à-fait secondaire, on voit que les globules polaires sont, d'après mon interprétation, semblables à l'oeuf par leur constitution bioplasmatique. Et si ces corpuscules ne peuvent pas se développer comme l'oeuf en donnant un embryon, la cause en est exclusivement à l'absence totale ou presque totale de deutoplasma, indispensable, comme nous le savons, pour l'assimilation du bioplasma ovulaire.

Cela est si vrai que, lorsqu'un de ces globules contient de

la substance deutoplasmatique en abondance et qu'il est fécondé, il donne origine, tout comme l'œuf, à un embryon, ainsi que Francotte (1) a pu le démontrer dans une espèce de Polyclade.

Maintenant, si nous passons à l'étude de ces phénomènes dans les végétaux, nous y constaterons une analogie parfaite.

La cellule mère du pollen peut être comparée au spermatocyte. Nous verrons, dans elle aussi, se succéder les phénomènes suivants : 1°) commencement du stade de synapsis, indice de l'addition biomoléculaire, c'est-à-dire pulvérisation de la chromatine, due au fusionnement des biomores chromatiniques; 2°) deux divisions successives de ces derniers; 3°) reconstitution de chromosomes quadrivalents (tétrades) et réduction de leur nombre à la moitié du normal; 4°) disparition complète, par ce fait même, des chromosomes femelles; deux cytodiéréses successives et formation de quatre cellules polliniques égales entre elles au point de vue de leur constitution bioplasmatique.

Quant à la division ou aux divisions que ces cellules peuvent subir ultérieurement, avant la fécondation, elles n'ont plus d'importance dans le phénomène que nous considérons. Chaque cellule pollinique est une cellule vraie, parce qu'elle possède toutes les parties caractéristiques d'une cellule. Rien donc n'empêche que cette cellule puisse assimiler et se diviser par suite ultérieurement.

Des deux cellules dérivant de la division de la cellule du sac embryonnaire, celle d'en haut, la cellule mycropilaire, la cellule mère de l'oosphère peut être comparée à l'ovocyte de 1er ordre. Dans cette cellule nous verrons donc la formation de la phase de synapsis, la réduction dans le nombre des chromosomes, la formation éventuelle des tétrades, les deux divisions successives, tout comme dans la cellule-mère du pollen,

---

(1) Francotte P. — *La maturation, la fécondation et la segmentation chez les Polyclades*, in : Mém. cour. de l'Acad. de Belgique, vol. LV, 1897.

dans le spermatocyte et l'ovocyte de 1er ordre. Le résultat en sera évidemment la formation de quatre cellules, l'oosphère, les deux synergides et la cellule secondaire du sac. Toutes ces cellules possèderont naturellement un nombre de chromosomes moitié du normal, manqueront complètement de chromosomes mâles et seront, au point de vue de leur constitution, égales entre elles, d'où la possibilité que les deux synergides soient fécondées, aussi bien que l'oosphère et puissent comme celle-ci donner lieu à la formation d'un embryon normal. On sait que ce phénomène a été précisement constaté.

Les phénomènes qui se passent dans les cellules génétiques lors de leur maturation sexuelle sont donc parfaitement analogues, aussi bien dans les organismes végétaux que chez les animaux, aussi bien dans les cellules mâles que dans les femelles. Mais tous ces phénomènes, toutes les conséquences qui en dérivent ultérieurement ne sont que l'effet d'un seul phénomène chimique, l'addition biomoléculaire interne, qui est la base fondamentale et la cause primitive de tous les autres.

Cette addition nous permet de donner une explication naturelle et scientifique des phénomènes, apparemment très complexes, de la maturation sexuelle. Par elle, l'interprétation de ces phénomènes devient si simple, qu'elle en découle tout naturellement et sans le moindre effort ; et je pourrais démontrer que par ce seul phénomène chimique est possible une interprétation vraiment scientifique de la fécondation.

Ajoutons maintenant quelques observations nécessaires pour la parfaite compréhension de certains phénomènes particuliers.

Dans les considérations précédentes, nous avons toujours implicitement supposé que, dans les cellules genétiques, chaque biomolécule d'origine mâle avait sa biomolécule correspondante d'origine femelle, et, par suite, chaque biomore mâle son correspondant biomore femelle, sans quoi évidemment l'addition biomoléculaire n'aurait pu s'effectuer. Il s'ensuit que, s'il en était toujours ainsi, les biomores ne pourraient se trouver dans ces cellules qu'en nombre pair.

Il nous reste donc à considérer les cas où, dans les cellules génétiques, un ou plusieurs biomores (et, par suite, les biomolécules qui les forment) n'aient pas leurs correspondants biomores de l'autre sexe, c'est-à-dire qu'ils ne soient pas pairs, mais impairs.

Supposons donc qu'un des deux gamètes, le gamète mâle, par exemple, possède un ou plusieurs biomores impairs, et, pour mieux concréter nos idées, supposons que l'ensemble de ces biomores forme un chromosome.

Nous connaissons des faits réels coïncidant avec notre supposition. Je fais allusion au chromosome accessoire, dont la présence a été constatée par Henking, Montgomery, Mc Clung et d'autres chez quelques espèces d'Insectes.

Il est donc clair qu'après l'union des deux gamètes, le nombre total des chromosomes de l'oeuf fécondé sera nécessairement impair. C'est, je crois, précisément à la présence de ce chromosome accessoire dans un des deux gamètes que l'on doit si, dans certaines espèces, on a constaté un nombre impair de chromosomes.

Or ce nombre impair de chromosomes, et, par suite, le chromosome accessoire existera évidemment aussi bien dans les oeufs fécondés donnant origine à des individus mâles que dans les oeufs fécondés qui produiront des individus femelles. Dès lors, que faut-il conclure? Que la présence d'un chromosome impair dans les cellules génétiques mâles indique, d'une part, que ce chromosome a la faculté de se régénérer dans les cellules génétiques mâles sans addition biomoléculaire, d'autre part, que ce même chromosome ne peut arriver à se régénérer dans les cellules génétiques femelles et, par suite, qu'il doit y disparaître.

Il est évident en effet que sans cette disparition, ce chromosome cesserait d'être impair aussitôt qu'aurait lieu la fécondation : car, s'il existait dans chacun des deux gamètes après l'union de ceux-ci, le nombre total des chromosomes deviendrait sans aucun doute un nombre pair. On sait en effet

que la somme de deux nombres impairs est toujours un nombre pair.

D'autre part, si ce chromosome impair ne pouvait se régénérer par lui-même, il devrait disparaitre dès la première génération, car les spermatides ne pourraient le contenir et le transmettre à l'oeuf qu'ils fécondent.

On voit donc que la présence d'une particule quelconque impaire dans un des deux gamètes nous conduit inévitablement à la conclusion que, d'une part, cette particule doit disparaître dans l'un des gamètes, parce qu'elle est incapable de se régénérer, et d'autre part, qu'elle doit se régénérer par elle-même dans l'autre gamète.

Quant à l'époque de sa disparition, cela est parfaitement indifférent. Nous pouvons seulement arguer qu'elle disparaîtra à une phase quelconque de la période de préparation ou de maturation génétique.

Ces conclusions, nous pouvons les appliquer à d'autres biomores de la cellule, par exemple au corpuscule central, et nous trouverons dans ce cas une explication de l'intéressante question, aujourd'hui très controversée, sur l'importance du corpuscule central dans la fécondation.

Comme je l'ai déjà fait remarquer dans la I[e] partie, et ainsi qu'il ressortira encore mieux dans les pages suivantes, le corpuscule central n'a pas une importance prépondérante dans la cellule. Il n'en est qu'un des biomores, d'une constitution chimique spéciale, et, par suite, quelquefois facilement reconnaissable; mais il n'y joue pas un rôle plus important que les autres biomores. Il est, tout comme ceux-ci, un membre du système symbiotique formant la cellule et, à ce point de vue, nécessaire pour la formation complète du système.

Il s'ensuit que, dans notre interprétation, nous ne sommes pas forcés d'admettre sa présence ou son absence dans l'oeuf ou dans le spermatozoïde. Cela est absolument indifférent pour nous, et dépendra de l'espèce d'organisme que nous considérons.

Cependant les phénomènes que nous y remarquerons dans ces cas différents ne seront pas identiques.

Y-a-t-il, dans chacun des gamètes, le corpuscule central ? Cela est parfaitement possible; car, bien que l'absence de l'ovocentre ait été constatée dans la plupart des oeufs, cela n'implique pas qu'il en soit toujours ainsi dans toutes les espèces.

Or, s'il en est ainsi, l'oeuf, après la fécondation, contiendra deux corpuscules centraux, le spermocentre et l'ovocentre. Après la période assimilatrice, chacun de ceux-ci se divisera, ainsi que tous les autres biomores, et pendant l'orientation biomorique qui en suivra, cause de la cytodiérèse et, dans ce cas, de la première segmentation de l'oeuf, chacun des deux corpuscules centraux se portera à l'extrémité du fuseau. Dans chaque centrosphère du fuseau de segmentation, nous trouverons donc deux corpuscules centraux, dont l'un dérivé de la bipartition du spermocentre et l'autre de la bipartition de l'ovocentre.

Ces corpuscules ne se fusionneront pas. Ils resteront au contraire indépendants, et chacune des cellules de segmentation en contiendra, à l'instant de sa naissance, toujours deux, tout comme elles contiennent des chromosomes provenant moitié de la mère et moitié du père.

Or, dans les cellules génétiques dérivées de ces cellules, nous trouverons encore les deux sortes de corpuscules centraux, et à la phase de synapsis nous pourrons constater, pour cette espèce de biomores, le même phénomène que nous venons de décrire pour les autres, c'est-à-dire leur fusionnement et leurs divisions successives en quatre corpuscules. D'où la formation, d'une part, de quatre corpuscules centraux mâles et disparition du corpuscule d'origine femelle, dans les spermatocytes ; d'autre part, formation de quatre corpuscules femelles et disparition du corpuscule mâle dans l'ovocyte.

Dans ce cas donc il existera, lors de la fécondation, une véritable quadrille des centres, ainsi que Fol l'a décrite chez les oeufs d'oursins, et que d'autres Biologistes l'ont plus tard re-

trouvée dans les oeufs d'autres espèces d'animaux. A remarquer cependant que le fusionnement des deux corpuscules centraux dans les centrosphères du premier fuseau de segmentation n'aura pas lieu, contrairement à ce que FOL a exposé et conformément à ce que d'autres Biologistes ont constaté.

Mais si dans chaque cellule génétique, à l'instant de sa naissance, nous ne voyons qu'un seul corpuscule central, cela nous indique que celui-ci doit disparaître dans l'une ou dans l'autre des cellules sexuelles, et, par conséquent, qu'il est capable de se régénérer par lui-même, sans besoin de l'addition avec un corpuscule central de l'autre sexe.

Que ce corpuscule disparaisse dans l'oeuf ou dans le spermatide, cela est parfaitement indifférent dans notre interprétation. S'il est capable de se régénérer par lui-même dans le spermatocyte, nous le verrons grossir et puis se diviser deux fois successivement, tandis que dans l'oeuf il disparaîtra. C'est précisément ce qu'on constate chez la plupart des êtres et dans ce cas, l'oeuf ne possèdera évidemment qu'un corpuscule central, le spermatocentre. Si, au contraire, c'est l'ovocentre qui peut se régénérer par lui-même, le spermatocentre disparaîtra et l'oeuf ne possèdera qu'un seul corpuscule central, l'ovocentre. C'est ce que WHEELER (1) a constaté chez *Myzostoma glabrum*.

Or nous savons que la possibilité qu'ont les biomolécules de se régénérer, est dépendante de leur constitution chimique et de la nature des transformations qu'elles doivent subir pour arriver à la phase nécessaire à leur dédoublement. Nous savons encore que ces transformations chimiques ne sont pas les mêmes dans les deux sortes de cellules sexuelles. Rien donc de plus naturel que ce phénomène soit possible pour les biomolécules du spermatocentre de certaines espèces, ou bien pour les biomolécules de l'ovocentre de certaines autres, ou bien encore impossible pour les biomolécules des deux sortes de

(1) WHEELER. — *Journ. of Morphol.*, vol. X, 1895.

corpuscules centraux, et, dans ce dernier cas, leur régénération ne pourra se faire sans l'aide de l'addition biomoléculaire.

Si maintenant nous passons à examiner l'addition biomoléculaire interne chez les êtres unicellulaires, nous y trouverons des phénomènes analogues à ceux que nous venons de décrire.

L'être unicellulaire, né de la division d'un individu fécondé, arrivera par une série plus ou moins longue de bipartition constituant sa période de préparation et, par suite, de multiplication, jusqu'à la dernière phase de son cycle évolutif, à la phase de maturation. Jusqu'ici, il aura le nombre normal de chromosomes, moitié d'origine paternelle, moitié d'origine maternelle. Pendant la phase de maturation, les biomolécules subiront, tout comme dans les cellules sexuelles des êtres pluricellulaires, les transformations qui doivent les amener à l'addition biomoléculaire. Celle-ci accomplie, le nombre des chromosomes sera réduit à moitié, et dans chaque individu les chromosomes ne seront que mâles ou femelles. Les deux divisions successives caractéristiques donneront lieu à la formation de quatre individus.

Nous conclurons donc en résumant:

1° *Dans la maturation des cellules sexuelles, la phase de toutes la plus importante est celle de synapsis. C'est au commencement de cette phase qu'a lieu l'addition biomoléculaire interne.*

2° *Dès ce moment, dans chaque cellule d'un sexe, disparaissent les biomolécules de l'autre sexe, d'où il résulte que les cellules sexuelles ne sont plus constituées que de biomolécules et de biomores du sexe qu'elles représentent.*

3° *La réduction du nombre des chromosomes à moitié du normal s'accomplit dès le début de la phase de synapsis. La réduction de la chromatine à une quantité moitié de la normale ne s'accomplit au contraire que par les deux cytodiérèses successives.*

4° *Les chromosomes de la plaque équatoriale de la première de ces deux cytodiérèses sont réduits au nombre moitié du normal; mais ils sont quadrivalents, avec ou sans formation visible de tétrades.*

5° *Quelle que soit la direction suivant laquelle se fait la division de ces chromosomes, transversalement ou longitudinalement, il n'y a jamais de division qualitativement réductrice au sens de Weismann, parce que les quatre chromosomes constituant la tétrade sont tous égaux entre eux. Il s'ensuit que les trois globules polaires sont, au point de vue de leur constitution bioplasmatique, égaux à l'oeuf, et que les deux synergides sont, à ce même égard, égales à l'oosphère.*

Chapitre VII.

La fécondation.

SOMMAIRE : La signification de la fécondation — La fécondation dans l'addition biomoléculaire externe — Le fusionnement intime des gamètes et de leurs biomores — La fécondation dans l'addition biomoléculaire interne — Le fusionnement des gamètes — La juxtaposition et l'entremêlement de leurs biomores — Nécessité et rôle de la fécondation — La biomonade complète — Les biomonades complémentaires — Rôle du spermatozoïde et de ses parties — Résumé.

Après les connaissances que nous venons d'acquérir, grâce aux chapitres précédents, sur la nature intime des phénomènes de la maturation sexuelle, nous sommes maintenant en condition de pouvoir comprendre dans toute sa valeur la signification de l'intéressant phénomène de la fécondation.

Pourquoi les deux gamètes doivent-ils s'unir pour donner lieu à un nouvel organisme et comment doit se faire cette union ?

Dans le cas où l'addition biomoléculaire est externe, les deux gamètes, ainsi que nous l'avons vu, possèdent, chacun, toutes les biomolécules, tous les biomores et, par suite, tous les chromosomes en nombre normal. L'addition biomoléculaire ne peut se faire qu'alors seulement que les deux gamètes se sont fusionnés, parce que c'est dans ce moment que les biomolécules additionnables peuvent se trouver en présence l'une de l'autre. On comprend donc parfaitement que l'union des deux gamètes est indispensable pour que ce phénomène puisse s'accomplir en régénérant, comme nous l'avons vu, les biomolécules mâles et femelles caractéristiques du germe primitif dont les gamètes sont issus.

Nous savons encore que l'addition biomoléculaire est un vrai

phénomène chimique qui s'accomplit entre les biomolécules, exigeant, par suite, le fusionnement des particules que forment les biomolécules. Il est donc évident que, dans ce cas, l'union des deux gamètes ne consistera pas seulement dans une juxtaposition des parties constituant les gamètes, de leur noyau, par exemple, mais dans un véritable fusionnement de celles-ci. L'union des deux gamètes sera donc suivie de l'union de leurs noyaux et puis d'un vrai fusionnement de ceux-ci, et des biomores qui les forment, tout comme nous l'avons décrit au chapitre précédent pour l'addition biomoléculaire interne. Il en résultera les deux dédoublements successifs des biomolécules, et, par suite, les deux divisions successives des biomores et les deux cytodiérèses.

Or, tandis que dans l'addition biomoléculaire interne il y a formation de chromosomes quadrivalents, mais réduits en nombre à la moitié du normal, ici nous verrons bien la formation de chromosomes quadrivalents, mais nous ne pourrons constater une diminution dans leur nombre. Celui-ci sera, au contraire, toujours normal.

Dans le cas de l'addition biomoléculaire interne, les choses doivent se passer quelque peu différemment. Cela se conçoit sans peine.

En effet, chaque gamète, grâce à l'addition biomoléculaire qui a précédé sa formation et qui en a été la cause efficiente, chaque gamète donc ne contient plus que des biomolécules de son sexe. Il a donc perdu toutes les biomolécules et, par suite, tous les biomores de l'autre sexe. Il est donc devenu, par rapport à l'oeuf dont il est issu, une biomonade incomplète. Et comme le gamète de l'autre sexe, à la suite des mêmes phénomènes, se trouve dans des conditions analogues, mais inverses, c'est-à-dire qu'il contient toutes les biomolécules manquant au premier et manque de toutes les autres que celui-ci contient, il s'ensuit que leur union donnera lieu à la reconstitution complète d'une biomonade égale à l'oeuf dont les gamètes sont dérivés.

Dès lors, on conçoit facilement que cette union de deux gamètes, dont l'un est, en peu de mots, complémentaire de l'autre par rapport à l'oeuf fécondé, que la fécondation, en somme, est un phénomène absolument indispensable pour la reconstitution complète de l'oeuf, et dont la nécessité tient aux autres phénomènes qui se sont passés précédemment lors de la maturation sexuelle, et surtout à l'addition biomoléculaire interne, qui en est la cause primitive.

Tous ces phénomènes sont intimement liés entre eux comme les anneaux d'une chaîne, et chacun d'eux est la cause de celui qui le suit, en même temps qu'il est l'effet de celui qui l'a précédé. L'addition biomoléculaire est la cause de la disparition des biomolécules d'un sexe et en même temps de la régénération des biomolécules de l'autre sexe ; celle-ci est la cause de la formation des tétrades et des deux divisions successives ; celles-ci à leur tour sont la cause de la formation des gamètes et de la nécessité de la fécondation.

Contrairement à ce que nous avons vu dans le cas de l'addition biomoléculaire externe, où l'union des deux gamètes doit être suivie du fusionnement de leurs biomores afin que l'addition des biomolécules puisse s'accomplir, dans ce cas l'union des deux gamètes ne consistera que dans une juxtaposition des biomores, dans un entremêlement de ceux-ci, sans que ce phénomène exclusivement physique soit suivi d'un véritable phénomène chimique tel que l'addition biomoléculaire.

Ce phénomène chimique, nécessaire pour la régénération complète de l'oeuf, s'est accompli dans la cellule génétique au début de la phase de synapsis, avant la formation des gamètes. Ceux-ci sont à leur naissance déjà formés de biomores égaux à ceux de l'oeuf dont ils sont issus. Ils n'ont donc qu'à se réunir, qu'à entremêler leurs biomores d'après leur constitution spéciale, pour que la reconstitution complète d'un oeuf égal à celui dont ils sont dérivés soit accomplie.

Dans ce cas donc, pas de fusion véritable des noyaux, mais tout simplement juxtaposition et plus tard entremêlement de

leurs particules, ainsi que nous pouvons le constater réellement.

J'ai dit que chaque gamète, dans le cas de l'addition biomoléculaire interne, est une biomonade incomplète par rapport à l'oeuf. C'est ici que nous pouvons comprendre, dans toute sa valeur exacte, la conception de la biomonade (1).

L'ovule mûr et les spermatides sont des cellules complètes, parce qu'ils en ont toutes les parties constituantes. Mais ils ne sont pas des biomonades complètes parce que toute biomonade est un système symbiotique de biomores, et ce système est déterminé par le nombre et surtout par la nature des biomores qui le forment. Il est donc évident que ces gamètes, bien qu'étant des cellules complètes, sont néanmoins des biomonades incomplètes, parce que chacun manque d'une partie de biomores que l'autre possède. C'est donc seulement par leur union que pourra se former une biomonade complète, telle qu'est l'oeuf fécondé; mais celui-ci, bien que résultant de l'union de deux cellules, ne sera qu'une cellule seule, parce que les deux cellules qui le forment ne sont en réalité que complémentaires l'une de l'autre.

Ce mode de concevoir dans sa valeur exacte la constitution des gamètes peut nous permettre d'expliquer certains phénonomènes qui autrement restent inexpliquables.

Si le spermatide et, par suite, le spermatozoïde est une cellule, rien de plus naturel qu'il puisse assimiler et, par suite, se diviser, pourvu, bien entendu, qu'il trouve dans le milieu ambiant les substances nécessaires à son alimentation. Or, ces substances, le spermatozoïde ne les contient pas. C'est l'oeuf qui les contient, et c'est donc dans celui-ci qu'il doit pénétrer pour que son assimilation devienne possible. Nous pouvons donc concevoir dès maintenant comment dans un oeuf dépourvu de son bioplasma et, par suite, de son noyau, la pénétration d'un spermatozoïde peut en produire la segmentation, ainsi

(1) V. la I[e] partie de ce travail, chap. V, p. 108 et suiv.

que l'ont démontré les expériences devenues classiques de Boveri, de Morgan, de Seeliger, de Delage et d'autres Biologistes.

L'oeuf, au contraire, est, lui aussi, une cellule, tout comme le spermatozoïde; mais il contient, dans lui-même, les substances deutoplasmatiques nécessaires à son alimentation. Il possède donc toutes les conditions pour pouvoir accomplir son assimilation et, par conséquent, pour se diviser. Il est donc naturel qu'il puisse se segmenter sans recevoir le spermatozoïde. C'est ce qu'on peut constater dans certains cas de fausse parthénogénèse.

Mais s'il en est ainsi, pourra-t-on m'objecter, pourquoi donc l'oeuf, dans la plupart des cas, ne se segmente-t-il pas sans la pénétration préalable du spermatozoïde?

C'est encore dans la conception de la biomonade et dans les rapports mutuels qui régissent dans elle les biomores que nous pouvons trouver une explication rationnelle de ce phénomène.

Nous savons que, dans toute biomonade, les biomores forment par leur ensemble un système symbiotique, où les produits de sécrétion des uns peuvent servir d'alimentation aux autres. C'est grâce à ces rapports très intimes et très importants que des biomores de nature très différente peuvent, dans un milieu très restreint, telle que la cellule, retrouver néanmoins toutes les substances nécessaires pour leur nourriture. On comprend donc aisément que si la biomonade est composée de deux groupes de biomores, comme c'est le cas de l'oeuf où il y a des biomores d'origine mâle et d'autres d'origine femelle, il peut bien arriver que les biomores d'un groupe ne puissent, à eux seuls, accomplir leur assimilation, ou du moins parvenir à l'achèvement de cette fonction, indispensable pour le dédoublement des biomolécules et, par suite, pour la cytodiérèse.

Cela dépendra naturellement de la nature du lien réciproque unissant les biomores dans leur symbiose. Et comme cette nature est dépendante de la constitution chimique des biomores,

il est évident qu'elle variera dans les oeufs d'espèces différentes, où nous admettons précisément une constitution chimique du bioplasma, elle aussi, différente.

Or, bien que nous ne connaissions point cette constitution ni celle du spermatozoïde et de l'oeuf non plus, bien qu'il ne soit pas possible d'établir *a priori* la valeur des rapports symbiotiques des biomores dans les diverses espèces d'oeufs, nous avons néanmoins le droit d'admettre que celle-ci peut aller d'un minimum à un maximum en passant par tous les degrés intermédiaires. D'où toute une série graduelle de manifestations différentes que nous pourrons constater dans les diverses espèces d'oeufs.

Supposons, par exemple, que les biomores de l'oeuf exigent pour leur assimilation des substances spéciales sécrétées par les biomores du spermatozoïde. Ce sera le degré maximum que nous pouvons supposer. Dans ce cas, l'assimilation des biomores de l'oeuf ne pourra commencer qu'alors seulement que le spermatozoïde aura pénétré dans l'oeuf et que ses biomores auront commencé leur nutrition. Dans ce cas donc, la segmentation de l'oeuf ne pourra absolument commencer sans l'union préalable du spermatozoïde, sans la fécondation.

Nous conclurons alors que le spermatozoïde agit sur l'oeuf comme un stimulus. Il nous semblera que l'élément sexuel mâle soit le porteur d'une énergie spéciale à l'oeuf. Mais il n'en est rien, ou du moins il n'y a de stimulus que dans les substances chimiques que les biomores du spermatozoïde ont produites et qui ont rendu possible l'assimilation de la part des biomores de l'oeuf.

Supposons, au contraire, que les biomores de l'oeuf puissent achever leur assimilation, à eux seuls. Ce sera le degré minimum des rapports symbiotiques entre les biomores des deux groupes. Dans ce cas, la segmentation de l'oeuf pourra avoir lieu sans la fécondation; mais pourrons-nous conclure de ce fait seul que la fécondation est inutile?

Il faut considérer et n'oublier jamais que les effets de la

fécondation ne se bornent pas seulement à la segmentation. Celle-ci n'en est que l'effet immédiat.

De l'oeuf fécondé dérivent les blastomères; de ces blastomères, toutes les autres cellules de l'organisme; de certaines de celles-ci, les cellules génétiques capables de regénérer, partiellement au moins, les cellules sexuelles dont l'organisme entier est issu. L'ontogénèse en somme et tous les phénomènes qui successivement la caractérisent à chaque phase, à chaque instant, ont leur point de départ dans l'oeuf, et la segmentation de celui-ci n'en est qu'un des moindres épisodes.

Si l'oeuf peut se diviser sans fécondation préalable, cela veut dire seulement que l'assimilation de ses biomores a été possible sans le concours des biomores du spermatozoïde, mais rien d'autre. Et si cette possibilité existait pour les biomores de l'oeuf, on ne peut pas conclure qu'elle existera de même pour les biomores des blastomères. Et si elle existait encore pour ceux-ci, on ne pourrait conclure qu'elle existera pour les biomores des autres cellules qui en dériveront.

L'indépendance dont les biomores d'un groupe peuvent jouir est, comme nous le savons, en rapports très étroits avec leur constitution chimique; et comme celle-ci change, ainsi que nous l'avons démontré, à chaque segmentation de l'oeuf, il est clair que cette indépendance, pouvant bien exister pour les biomores de l'oeuf, ne pourra peut-être plus exister pour ceux de certains blastomères ou des autres cellules.

Nous reviendrons plus tard sur ces considérations, lorsque nous devrons traiter de la parthénogénèse; mais elles étaient ici nécessaires et indispensables, pour aider à se faire une conception exacte autant que possible d'une fonction dont on a méconnu l'importance en jugeant d'après des phénomènes dont a été sans aucun doute exagérée la portée.

Quoi qu'il en soit, il est évident que, d'après mon interprétation, je n'attribue pas aux différentes parties des cellules sexuelles un rôle prépondérant dans la fécondation.

Ce phénomène a pour but la reconstitution intégrale d'une

biomonade telle qu'était la biomonade dont sont issus les organismes mêmes qui ont produit les cellules sexuelles. Cette reconstitution doit donc se faire non seulement pour certaines parties, mais pour toutes absolument, sans quoi elle ne serait pas complète. Or l'ovocyte aussi bien que le spermatocyte, après la phase de synapsis, ont perdu, ainsi que nous l'avons vu, non seulement une moitié des biomores du noyau, mais aussi une moitié des biomores du cytoplasma; car nous admettons que le phénomène de l'addition biomoléculaire, cause de cette perte de biomores, se fait aussi entre les biomolécules du cytoplasma. L'oeuf mûr doit donc, afin de se reconstituer intégralement, recevoir du spermatozoïde non seulement les biomores du noyau dont il a été privé, mais aussi ceux du cytoplasma qui lui ont été enlevés par l'addition biomoléculaire.

Je sais bien que généralement on ne tient pas compte de la perte de substance cytoplasmatique de la part de l'oeuf, parce que les globules polaires ont des dimensions parfois négligeables par rapport à l'oeuf même. Mais je crois que c'est là une déduction qu'il faut absolument éviter.

On ne doit jamais oublier que le volume de l'ovocyte, très grand par rapport à celui du spermatocyte, n'est pas produit par une grande quantité de substance vivante, de vrai bioplasma, mais surtout et avant tout par la production d'une masse, parfois énorme, de substance brute, de deutoplasma.

Ce qu'on appelle donc généralement le cytoplasma de l'oeuf n'est pas son vrai bioplasma, mais l'ensemble de celui-ci, en quantité très petite, et du deutoplasma, en masse sans aucun doute toujours prépondérante.

Mais si l'on fait abstraction de cette substance deutoplasmatique qui, dans nos considérations présentes, n'a pas d'importance, et si l'on se borne à examiner le bioplasma qui seul joue dans cette question un rôle important, il n'est pas difficile de se convaincre que la substance bioplasmatique vraie de l'ovocyte ne doit pas être sensiblement moindre que celle

du spermatocyte. Cela résulte d'ailleurs assez évidemment de l'examen même des faits caractérisant la maturation de l'ovocyte.

En effet, les figures cytodiérésiques caractérisant l'émission des globules polaires ne sont pas seulement formées des parties constituant le noyau, mais des parties aussi du cytoplasma, ou, pour plus de précision, de la partie bioplasmatique de celui-ci.

C'est de cette partie, comme nous le savons, qu'est formé le fuseau de direction, et celui-ci est contenu moitié dans l'ovocyte, moitié dans cette partie de l'ovocyte qui s'en détachera pour devenir le corpuscule polaire. Il est donc évident qu'après l'expulsion de ces corpuscules, l'ovocyte n'aura pas perdu la moitié de sa chromatine seulement, mais encore la moitié de la substance cytoplasmatique formant le fuseau de direction, c'est-à-dire la moitié de son bioplasma cytoplasmatique.

D'autre part, les biologistes qui ne voient dans la fécondation que l'apport, de la part du spermatozoïde, d'une moitié de la chromatine, s'appuient encore sur le fait que de tout le corps du spermatozoïde, la tête seule, c'est-à-dire la partie contenant la chromatine et le spermatocentre, pénètre dans l'oeuf, tandis que le reste, la queue, par exemple, reste en dehors, ou bien, si elle y pénètre, elle se dissout sans jouer aucun rôle dans la fécondation.

Mais, ici encore, il n'est pas difficile de se convaincre que l'interprétation des faits n'est pas parfaitement exacte.

Il faut, en effet, remarquer que le spermatozoïde est un élément histologique différencié, tout comme les autres de l'organisme. Il suffit de suivre attentivement toutes les transformations morphologiques et histologiques que subit le spermatide pour arriver à la forme définitive du spermatozoïde, pour se convaincre que la queue, par exemple, et le filament contractile qu'elle contient ne sont pas des parties constituantes du bioplasma, mais seulement des produits de sécrétion de celui-ci. De même que les myoblastes, arrivés à la dernière

phase de leur évolution histogénétique produisent, grâce à la sécrétion de leur bioplasma, les fibrilles contractiles caractérisant leur différenciation histologique; de même que les ovogonies arrivées à la phase d'ovocytes sécrètent le deutoplasma, caractéristique de leur différenciation histologique spéciale, de même aussi les spermatides, arrivés à cette phase de l'évolution des cellules génétiques, produisent, grâce à la sécrétion de leur bioplasma, le filament contractile ou les bandelettes spéciales de la queue des spermatozoïdes.

Or ces parties jouent, sans aucun doute, un rôle important dans la physiologie du spermatozoïde, parce que c'est par elles que celui-ci peut s'approcher de l'oeuf et y pénétrer; mais il est incontestable qu'elles ne représentent pas une partie du bioplasma du spermatozoïde, mais seulement un produit de sa sécrétion. Dès lors, quoi de plus naturel que ces parties se dissolvent après l'accomplissement de leur fonction, sans prendre aucune part au phénomène intime de la fécondation?

Ce qu'il faut à l'oeuf pour sa reconstitution intégrale, c'est le bioplasma du spermatozoïde, et ce bioplasma n'est pas contenu dans la queue, mais dans la tête de celui-ci, au moins en grande partie.

C'est dans la tête du spermatozoïde que se trouve condensée la chromatine; c'est dans la tête que se trouve le spermatocentre; c'est encore dans la tête que se trouve cette minime portion de cytoplasma, représentant le vrai bioplasma du spermatozoïde. Et ce bioplasma est celui même qui, après la pénétration du spermatozoïde dans l'oeuf, donne lieu, dans plusieurs cas, à la formation de l'aster et du fuseau mâles destinés à s'unir plus tard au bioplasma de l'oeuf pour former le premier fuseau de segmentation.

Quant au spermatocentre, on comprend parfaitement que, d'après mon interprétation, je ne peux lui attribuer un rôle prépondérant sur les autres parties du bioplasma, dont il n'est, en dernière analyse, qu'un biomore, d'autant plus que, d'après

mon interprétation de la cytodiérèse (1), je ne suis pas disposé à lui accorder cette extrême importance que la plupart des Biologistes veulent lui attribuer dans la division de la cellule.

En résumé, nous pouvons donc conclure :

1° *La fécondation a pour but la reconstitution intégrale d'une biomonade égale à celle dont sont dérivés les gamètes.*

2° *Cette reconstitution peut se faire de deux façons :*

a) *par le fusionnement de deux gamètes, suivi d'un fusionnement de toutes leurs biomolécules (addition biomoléculaire externe), phénomène chimique provoquant la régénération de toutes les biomolécules mâles et femelles. Dans ce cas, la fécondation est donc suivie d'un vrai phénomène chimique ; les gamètes ne présentent aucune réduction dans le nombre et la qualité de leurs biomores, et, par suite, de leurs chromosomes ; le fusionnement de leurs biomores est suivi de deux dédoublements biomoléculaires successifs et, par conséquent, de deux cytodiérèses successives. D'où formation de chromosomes quadrivalents sans réduction de leur nombre.*

b) *par le fusionnement de deux gamètes dont chacun ne contient que des biomolécules mâles ou femelles, résultat de l'addition biomoléculaire interne, qui eut lieu avant la formation des gamètes au stade de synapsis. Dans ce cas, le fusionnement des gamètes n'est pas suivi du fusionnement de leurs biomolécules, mais seulement de la juxtaposition et puis de l'entremêlement de leurs biomores, phénomènes exclusivement physiques.*

3° *La fécondation est donc un phénomène biologique absolument nécessaire et rendu indispensable par le fait même de la maturation sexuelle, qui a privé les gamètes d'une partie de leurs biomores, en les rendant des biomonades com-*

(1) V. I^e partie.

plémentaires l'une de l'autre par rapport à l'oeuf dont ils sont dérivés.

4° *Dans la fécondation, aucune des parties des gamètes ne joue un rôle prépondérant.*

5° *La conception de la biomonade permet d'apprécier le phénomène de la fécondation à sa valeur exacte.*

Chapitre VIII.

L'hérédité.

SOMMAIRE : L'hérédité est-elle une faculté exclusive des êtres vivants ? — La reproduction est la cause de l'hérédité — Examen des conditions externes — La régénération complète de l'oeuf — La variation comme effet de l'hérédité — L'inutilité des particules représentatives — L'hérédité dans la reproduction sexuelle — Les caractères somatiques des êtres dépourvus de soma — Le soma des êtres unicellulaires — Le soma des êtres pluricellulaires — Les caractères somatiques des ces derniers — Résumé.

L'hérédité, ce phénomène si intéressant, ce phénomène qui nous frappe si vivement dans l'observation des faits biologiques, est-elle vraiment caractéristique des organismes, est-elle exclusivement propre aux êtres vivants?

Il suffit d'examiner les bases sur lesquelles repose mon interprétation de la reproduction, pour se convaincre facilement que l'hérédité n'est qu'une conséquence nécessaire et inévitable de la reproduction. Je dirai même que celle-ci ne peut exister qu'en tant qu'existe l'hérédité ; car reproduction veut dire formation d'un organisme qui, à des phases et à des époques déterminées, répète les mêmes phénomènes que l'organisme progéniteur présentait aux mêmes phases et aux mêmes époques de son cycle vital, les conditions, bien entendu, étant supposées égales.

Un être vivant, quel qu'il soit, dérive d'une cellule ou d'un germe initial a qui, dans des conditions déterminées x, subit des transformations chimiques, physiques, morphologiques caractérisant son cycle vital. Quoi de plus naturel qu'un autre germe a, dans les mêmes conditions x, donne lieu aux mêmes transformations? Et s'il en est ainsi, peut-on considérer cette

répétition des mêmes phénomènes comme une faculté spéciale des vivants? Ne sommes-nous pas, au contraire, en présence d'un phénomène de la plus grande simplicité, commun à tous les corps bruts? Ne devrions-nous pas nous étonner plutôt, si ce phénomène n'avait pas lieu chez les êtres vivants?

Ce qui caractérise les organismes vivants, ce n'est donc pas l'hérédité, ce n'est pas cette répétition, c'est-à-dire la faculté de produire des germes égaux à ceux-mêmes dont ils sont dérivés.

La solution de cette intéressante énigme biologique réside donc exclusivement dans l'explication de la reproduction. Démontrer de quelle façon l'être vivant arrive à la formation d'un germe égal à celui qui a été le point de départ de son cycle vital; démontrer que les conditions dans lesquelles le germe se développe sont égales à celles qui environnaient l'organisme progéniteur, c'est résoudre dès sa base toute la question de l'hérédité.

Or, nous avons vu dans les chapitres précédents comment les cellules génétiques peuvent arriver à se régénérer totalement ou partiellement au moins, comment, dans ce dernier cas, la régénération totale se fait complètement grâce à la fécondation; il ne nous reste donc qu'à démontrer de quelle façon les conditions de développement sont, elles aussi, égales.

Mais, en abordant cette question, nous sommes forcément entraînés à examiner l'importance, la nature et le rôle de ces conditions.

Or, celles-ci ne peuvent être que de trois sortes: mécaniques, physiques et chimiques.

Les conditions mécaniques peuvent agir sur le développement de l'oeuf en déterminant la direction de ses plans de segmentation, comme nous l'avons démontré dans la I[e] Partie de cet ouvrage (1). Mais il faut considérer que, d'une part, ces conditions mécaniques (présence ou absence de membrane

---

(1) V. la I[e] Partie, chap. VIII et IX.

brute, abondance plus ou moins grande de deutoplasma, etc.) sont inhérentes à la constitution même de l'oeuf; d'autre part, qu'elle n'influent pas du tout, ou peu s'en faut, sur le résultat du développement. Nous avons démontré en effet, dans la II° Partie, que le résultat du développement monodique, base, d'après nous, de l'ontogénèse et des phénomènes qui la caractérisent, est absolument indépendant des conditions mécaniques, mais qu'il dépend de la constitution intime de l'oeuf.

Les conditions physiques se réduisent, en dernière analyse, aux conditions de chaleur, de lumière et d'osmose. Ces dernières sont, en partie au moins, dépendantes de la constitution de l'oeuf: car si la possibilité que le phénomène d'osmose s'accomplisse réside d'une part dans la composition chimique du milieu externe à l'oeuf, d'autre part elle dépend aussi de la nature spéciale de la membrane. Et celle-ci, nous le savons, est une partie de l'oeuf et dérive, par suite, de la constitution même de celui-ci. Quant à la chaleur, sauf les cas relativement très rares où elle est formée par l'organisme même qui produit l'oeuf (mammifères par exemple), ou par l'organisme dans lequel l'oeuf se développe (oeufs des parasites dans les oiseaux et les mammifères), elle dépend du milieu ambiant extérieur à l'oeuf. Il en est de même de la lumière.

Mais si nous passons aux conditions chimiques, il est facile de constater que celles-ci sont, la plupart au moins, dépendantes de l'oeuf même.

Tous les oeufs, ceux mêmes qui nous paraissent en être dépourvus, contiennent toujours une quantité, quelque petite qu'elle puisse être, de substance deutoplasmatique, c'est-à-dire de la substance nourrissante nécessaire au développement de l'oeuf. On peut dire que le milieu extérieur ne fournit à l'oeuf, au point de vue chimique, que l'oxygène et l'eau.

Ce petit coup d'oeil est suffisant pour nous démontrer que les conditions nécessaires au premier développement de l'oeuf sont, la plupart au moins, dépendantes de la constitution même de celui-ci. Il est donc bien facile de comprendre comment

elles peuvent se régénérer égales à celles mêmes qui régissaient le développement de l'oeuf dont est issu l'organisme progéniteur.

Nous avons démontré aux chapitres précédents comment s'accomplit la régénération de l'oeuf dans sa partie bioplasmatique. Il nous reste donc à examiner comment cette régénération s'étend aussi aux autres parties de l'oeuf qui ne sont pas constituées de bioplasma, mais qui forment par leur ensemble ce que nous avons appelé le milieu interne de l'oeuf, à savoir les substances deutoplasmatiques et la membrane brute.

Le deutoplasma, nous le savons, est produit par le bioplasma de l'ovogonie, pendant sa période d'accroissement, ou période de maturation, c'est-à-dire pendant cette période qui s'écoule entre la naissance de l'ovogonie et le commencement de la phase de synapsis. Il est un produit de sécrétion du bioplasma de l'ovogonie caractéristique de cette période. Il est le caractère de sa différenciation histologique. Il est donc dépendant de l'ensemble de sa constitution bioplasmatique. Quoi donc de plus naturel que cette production soit la même si l'ovogonie arrive, dans un autre individu, à la même constitution bioplasmatique?

Or, nous avons démontré (et c'est là précisément la base de notre interprétation de la reproduction) que l'oeuf, pour arriver à se régénérer égal à celui même dont il est dérivé, doit passer par la phase d'ovogonie dont la constitution bioplasmatique soit égale à celle même qu'avait l'ovogonie dans l'organisme progéniteur. Il est donc évident qu'à cette phase de son cycle évolutif, il produira les mêmes substances que l'ovogonie avait produites dans le progéniteur.

Il en est de même de la membrane brute et des autres substances quelconques qui peuvent éventuellement le caractériser, quelles que soient les phases du cycle évolutif où ces substances aient été produites.

L'oeuf donc se régénère égal à l'oeuf dont il est dérivé, non

seulement dans sa constitution bioplasmatique, mais dans toute sa constitution générale en dehors de celle-ci. Les conditions mécaniques, physiques et chimiques de développement dépendant de cette constitution seront donc les mêmes qu'elles étaient dans l'organisme progéniteur, de sorte que si le développement de l'oeuf était absolument indépendant des conditions du milieu externe, l'organisme dérivant d'un oeuf devrait nécessairement être égal à l'organisme qui a produit cet oeuf.

Mais, comme ces conditions extérieures à l'oeuf ne sont pas produites par l'organisme même, mais par le milieu ambiant, il s'agit de voir quel rôle jouent ces conditions, et quelle est leur importance sur le développement de l'oeuf.

La chaleur est absolument nécessaire pour l'accomplissement des phénomènes chimiques de l'assimilation et, par suite, de la segmentation de l'oeuf. Un certain dégré de température est donc indispensable pour le développement ontogénétique. Il en est de même de l'oxygène et, dans certaines limites, de la lumière, et de l'eau. Mais ces conditions ne sont-elles pas toujours égales ou presque égales dans le milieu externe? Et si elles ne le sont pas, quelle influence peuvent-elles exercer sur le développement si ce n'est de l'empêcher ou de le favoriser? Sont-elles vraiment des facteurs actifs du développement, ou bien ne sont-elles pas plutôt que des facteurs inertes, nécessaires pour le développement de l'oeuf, mais sans influence sur la direction de ce développement?

C'est sur ce point de la question qu'il faut avoir des idées exactes afin d'éviter une conception erronée de l'hérédité.

De même que la faculté d'un composé quelconque de donner origine à une série de réactions chimiques et à d'autres composés déterminés tient, d'une part, à la nature des substances réagissantes, mais surtout et avant tout à la composition chimique du composé; de même la potentialité de l'oeuf de donner origine à un organisme réside avant tout et surtout dans sa constitution bioplasmatique, ainsi que nous l'avons démontré

dans la IIe Partie de ce travail. Cette potentialité, il la possède donc, même en dehors des substances deutoplasmatiques; mais ces substances la favorisent ou la rendent possible en ce sens qu'elles représentent pour le bioplasma de l'oeuf des substances nourrissantes qu'il ne pourrait, peut-être, trouver dans le milieu externe. Elles la favorisent et la rendent plus précise dans ses manifestations, parce qu'elles sont les substances mêmes qui doivent réagir avec le bioplasma de l'oeuf. Dès lors, on comprend que si le bioplasma et les substances nourrissantes sont bien déterminées, la série des manifestations qui en dérive sera, elle aussi, plus précisément déterminée, tout comme les résultats d'une série de réactions chimiques d'un composé sont d'autant plus exactement et plus précisément déterminés que les substances réagissant avec ce composé sont, elles aussi, bien déterminées.

Je ne veux nullement exclure que les conditions extérieures à l'oeuf puissent changer; mais je crois que dans la plupart des cas ces changements n'influent que très peu sur la direction du développement de l'oeuf. Je veux même admettre que ces conditions puissent exercer une action efficace sur cette direction; mais dans ce cas qu'en résultera-t-il? Que le développement de l'oeuf subira une déviation de sa direction normale.

Est-ce que cela peut infirmer notre interprétation de l'hérédité?

Toute la trajectoire que l'oeuf doit suivre dans son évolution est contenue dans sa constitution, pourvu, bien entendu, qu'il rencontre à chaque instant les conditions favorables, et égales à celles qu'avait rencontrées le progéniteur. Si celles-ci changent, la trajectoire pourra bien varier corrélativement; mais la potentialité de l'oeuf n'en sera pas moins la même qu'auparavant (1).

---

(1) Ainsi que le lecteur peut facilement le constater, je suis, dans l'interprétation de l'hérédité, à maints point de vue, parfaitement d'accord

Il faut, dans cette sorte de questions, faire toujours une distinction très nette entre l'hérédité et la variation provoquée par le milieu externe. Celle-ci ne diminue en rien celle-là, bien qu'elle en ait effacé les manifestations. Nous pouvons même dire qu'elle est produite par l'hérédité; car elle n'est que le résultat de celle-ci sous l'action des conditions spéciales extérieures.

Recourons à un exemple qui, bien que banal et imparfait, nous permettra néanmoins de mieux expliquer nos idées.

Supposons une balle de fusil lancée dans l'air. La trajectoire que cette balle devra décrire sera exactement déterminée à l'instant même où la balle vient d'être lancée, et dépendra de la forme et du poids de la balle, de la résistance de l'atmosphère, et de l'action de la gravité. Cette trajectoire est donc contenue potentiellement dans la balle même avant qu'elle ait été décrite, tout comme le cycle évolutif d'un organisme est contenu potentiellement dans l'oeuf.

Supposons maintenant qu'à cette balle en mouvement s'oppose un obstacle quelconque, de sorte qu'elle soit déviée de sa direction. En conclurons-nous pour cela que la trajectoire susdite n'était pas prédéterminée d'avance dans la balle au moment de son lancement ? Evidemment, notre conclusion serait erronée. Non seulement la potentialité de la trajectoire n'est assurément pas changée, mais on peut encore démontrer facilement que la déviation même est le résultat de cette potentialité sous l'action de l'obstacle.

Supposons qu'un organisme doive, pendant son développement ontogénétique et par sa constitution intime, produire à un certain endroit de son corps un caractère x qu'à la même époque et au même endroit présentait son père, c'est-à-dire un caractère héréditaire, et supposons encore qu'à cause d'une

---

avec les idées exprimées par Delage dans sa « Théorie des causes actuelles » (La structure du protoplasma et les Théories sur l'Hérédité — Paris, 1895).

action externe quelconque, au lieu de se produire ce caractère, il s'en produise un autre y. Nous ne pourrons dire dans ce cas que l'hérédité a manqué, bien qu'elle ne se manifeste pas en produisant le caractère x. Elle n'a pas manqué, elle existe au contraire: car si le caractère y s'est produit, c'est précisément grâce à elle. En effet, si la tendance héréditaire à produire le caractère x n'existait pas, le caractère y ne se serait pas manifesté, même sous l'action externe susdite.

Nous traiterons plus longuement et plus particulièrement cette question dans une autre partie de ce travail sur la variation et l'origine des espèces. Il suffit pour le moment d'avoir remarqué que l'hérédité peut bien exister indépendamment de ses manifestations, et qu'il y a des variations qui ne sont que des conséquences mêmes de l'hérédité, ce qui, de prime abord, pouvait paraître absurde.

D'autre part, il ne faut pas croire que les variations induites par le milieu externe aient des limites très larges. Le milieu de l'oeuf d'abord, de l'organisme plus tard dans ses diverses phases ontogénétiques, contrebalance, par son action toujours plus efficace que celle du milieu externe, les variations que celui-ci tendrait à y induire. Mais si celles-ci dépassent une certaine limite, elles peuvent conduire tôt ou tard l'organisme à une organisation telle qu'elle soit incompatible avec sa viabilité, à la rupture de cet équilibre symbiotique qui est indispensable pour la vie et le développement de tout organisme. De là évidemment la mort de l'être.

Mais revenons à notre sujet et examinons comment se manifeste l'hérédité et en quoi consistent les caractères somatiques d'après lesquels nous jugeons d'elle.

Faisons abstraction, pour le moment, de la fécondation et supposons, pour plus de simplicité, que la reproduction soit asexuelle.

Si l'organisme que nous considérons produit un oeuf égal à celui dont il est dérivé dans toute sa constitution, la potentialité évolutive de cet oeuf sera évidemment, elle aussi, égale;

car elle dépend, comme nous l'avons vu dans la IIe Partie de ce travail, de la constitution de l'oeuf. Le mode et le rythme de segmentation, la constitution des blastomères, la disposition que ces blastomères prendront dans l'agrégat cellulaire qu'ils forment, disposition dépendant de leurs propriétés physiques ou mécaniques, seront donc égaux. Il en sera de même de la phase limite de l'évolution de l'oeuf et du liquide de la cavité de segmentation. Il s'ensuivra que la constitution des cellules de la deuxième lignée, dérivant, comme nous l'avons vu, du blastomère à la phase limite et du liquide de la cavité de segmentation, sera la même. La gastrulation s'accomplira de la même façon, et toutes les phases successives seront, pour des raisons analogues, toujours égales à celles qui, à des époques et à des endroits correspondants, se présentaient dans le progéniteur.

Les diverses lignées cellulaires se succèderont pendant toute la durée de l'ontogénèse de la même manière, et les cellules s'arrangeront d'après leurs propriétés physiques et d'après les conditions mécaniques de la même façon, en donnant lieu à des caractères morphologiques tels que les présentait le progéniteur.

Et comme la différenciation histologique est la conséquence de la constitution bioplasmatique des cellules, aussitôt que celles-ci arriveront à la constitution qui, dans le progéniteur, avait produit une différenciation déterminée, elles se différencieront da la même manière. Mais comme cette constitution ne peut être atteinte qu'en passant par une série de cellules et de lignées cellulaires bien déterminées, il s'ensuit que cette différenciation n'aura lieu qu'à la même époque et à la même place que dans le progéniteur.

On conçoit en somme très facilement comment tous les caractères, même les plus petits et les plus insignifiants, même les caractères qui peuvent éventuellement se manifester après la mort de l'individu, doivent se représenter dans les fils tels qu'ils étaient dans le père.

Et cela, naturellement, sans le moindre besoin de supposer dans l'oeuf une force héréditaire énigmatique ou tout cet échafaudage si artificieux, si peu scientifique et, je crois, si fâcheux pour la science, des particules représentatives !

L'oeuf est une cellule et rien de plus qu'une cellule. Il possède sa constitution bioplasmatique à lui, et, par suite, sa différenciation caractéristique. Il n'est pas plus compliqué que les autres cellules de l'organisme. Je suis, au contraire, très convaincu que sa constitution bioplasmatique est plus simple que celle de toutes les autres cellules qui dérivent de sa segmentation. Cela d'ailleurs se conçoit aisément si l'on considère que celles-ci dérivent de l'oeuf, par suite de l'assimilation, et que ce phénomène chimique très important permet au bioplasma d'acquérir une constitution chimique toujours plus complexe, à mesure que les périodes d'assimilation se succèdent durant toute l'ontogénèse. Il s'ensuit que la complication, au point de vue chimique, de la constitution du bioplasma est d'autant plus grande que la cellule que nous considérons est plus éloignée de son point de départ, de l'oeuf : car s'il n'en était pas ainsi, on devrait supposer que l'effet de l'assimilation est de diminuer, au lieu d'accroître de plus en plus la constitution des biomolécules, ce qui évidemment n'est pas admissible.

Le développement ontogénétique ne consiste donc pas, comme le croient la plupart des Biologistes modernes, dans une espèce de décomplication progressive de l'oeuf, mais dans un phénomène opposé. Cela n'est pas vrai, ou du moins n'est pas absolument démontré et on n'a pas, par suite, la moindre raison de croire que l'oeuf possède un peu de tous les caractères de l'individu, ou tous ces caractères en entier. Au contraire, il n'en possède aucun. Il ne possède qu'une constitution à lui, capable de donner lieu à deux blastomères déterminés. Ceux-ci à leur tour possèdent dans leur constitution la potentialité de donner lieu à quatre autres blastomères déterminés et ainsi de suite, de sorte que la rigoureuse succession des phénomènes

ontogénétiques constituant ce que nous appelons l'hérédité est déterminée à chaque instant par la constitution qu'ont les cellules, et que chaque phase est la conséquence de celle qui la précédait. Mais comme ces phases sont dépendantes en dernière analyse de la constitution de l'oeuf, il s'ensuit que toutes ces phases sont contenues potentiellement dans l'oeuf même.

Nous avons jusqu'ici considéré l'hérédité dans le cas où la reproduction est asexuelle; et nous avons vu qu'elle est un phénomène dont l'explication est très simple et n'exige point l'hypothèse d'une structure très complexe de l'oeuf ou d'une force héréditaire.

Passons maintenant à l'examen de l'hérédité dans les organismes où la reproduction est sexuelle; car dans ce cas l'explication peut, de prime abord, paraître quelque peu plus compliquée. Nous serons amenés à des considérations sur la nature des caractères somatiques, qui ne seront pas sans importance dans ce sujet et dans l'intéressante question de l'hybridisme.

Il est clair que, dans les conditions actuelles de la science, ne pouvant absolument connaître la vraie constitution chimique intime de l'oeuf, nous sommes contraints de juger de l'hérédité d'après les manifestations du développement de l'oeuf, c'est-à-dire d'après ces caractères que nous appelons somatiques.

Or en quoi consistent ces caractères?

Ils se réduisent, en dernière analyse, à trois catégories: morphologiques, physiques et chimiques. Mais si ces trois catégories de caractères peuvent, dans la plupart des cas, se manifester toutes à la fois, il n'en est pas toujours ainsi. Parfois nous ne connaissons que les caractères morphologiques des espèces; parfois, au contraire, ceux-ci ne sont pas suffisants et ne paraissent que des caractères physiques ou chimiques.

Tous les êtres présentent des caractères somatiques, ceux mêmes qui ne possèdent pas un vrai soma dans le sens mor-

phologique. Si nous admettons que les caractères somatiques sont toutes les manifestations, quelle que soit leur nature, qui sont indépendantes du germe et qui se manifestent pendant la vie de l'organisme qui en dérive, la conclusion que nous venons de tirer est parfaitement exacte.

Voici une spore de *Bacillus amylobacter*. Elle ne contient point de substance amyloïde. Celle-ci se produit seulement pendant la germination et la vie du *Bacillus* qui en dérive. Voilà dans cette substance amyloïde un caractère somatique, bien que le *Bacillus* ne présente pas un véritable soma.

Prenons la spore d'une bactériacée à chlorophylle. Elle ne contient pas cette substance. La production de celle-ci de la part de l'individu qui en dérive est donc un caractère somatique.

Parfois les substances qui se forment, effets de l'activité vitale des êtres, ne restent pas dans le corps. Elles en sont éliminées à mesure qu'elles sont produites; mais elles n'en sont pas moins, pour cela, des caractères somatiques. Nous savons, par exemple, que la connaissance de certaines Bactériacées des fermentations est basée sur les composés chimiques qui ne sont pas contenus dans leur spore et qui se produisent pendant leur vie. Ces composés, bien qu'existant en dehors du corps de l'être, n'en sont pas moins leurs caractères somatiques.

Il en est de même des phénomènes physiques résultant de la vie de certains organismes. La phosphorescence, par exemple, produite par les Bactériacées photogènes est un caractère somatique de ces êtres.

Je crois que ces exemples sont suffisants pour démontrer que les caractères somatiques sont indépendants du soma, et que chaque organisme, bien que dépourvu de vrai soma, en possède toujours, quelle que soit sa nature.

Quoi de plus d'ailleurs? L'oeuf même et le spermatozoïde possèdent leurs caractères somatiques distinctifs : l'oeuf, dans le deutoplasma et dans la membrane; le spermatozoïde, dans la queue, le filament et les bandelettes.

D'autre part, il ne faut pas croire que le soma soit si intimement lié à la constitution pluricellulaire des êtres qu'il ne puisse exister sans celle-ci. Nous avons une foule d'exemples d'êtres lesquels, bien qu'unicellulaires, possèdent néanmoins un vrai soma. Je n'en citerai que quelques-uns.

Dans les *Grégarinides*, l'epimérite et le protomérite, ainsi que la plus grande partie du deutomérite n'existent pas dans la spore. Ces parties sont donc des productions vraies constituant par leur ensemble le soma de ces Protozoaires.

Dans *Noctiluca*, le corps de l'adulte est très différent du corps de la spore. On y voit des parties qui n'existent pas dans celle-ci. On doit donc les retenir comme des formations constituant le soma.

Chez *Colpoda*, parmi les Infusoires, RHUMBLER (1) a démontré que la spore est très simple et qu'elle ne possède aucune des parties (cils vibratils, filaments contractiles, vacuoles, granulations, etc.) caractéristiques de l'adulte. Je crois qu'il en est de même de la plupart au moins des autres Infusoires. Ne sommes-nous pas dans ce cas en présence d'un vrai soma de ces Protozoaires?

Je pourrais multiplier ces exemples; mais je m'en tiens à ceux-ci seulement, parce que je crois qu'ils sont suffisants pour démontrer l'exactitude de ma conclusion.

Or, quels que soient ces caractères somatiques, ils sont toujours une production, une sécrétion du germe, soit que ces productions diffluent au dehors du corps, soit que par leur nature elles restent dans le corps, soit encore qu'elles jouissent de propriétés spéciales physiques, chimiques ou physiologiques. D'où nous pouvons conclure d'une façon générale que les caractères somatiques sont des sécrétions du germe.

Dans les organismes pluricellulaires, le soma est constitué

(1) RHUMBLER L. — *Die verschiedenen Cystenbildung und die Entwickelungsgeschichte der holotrichen Infusoriengattung* COLPODA, in: Zeitschr. f. wissensch. Zool., 46 Bd., 1888, p. 549.

par l'ensemble des cellules somatiques plus ou moins nombreuses. Or, si nous considérons les cellules génétiques comme formant par leur ensemble le germe, il est évident que les cellules somatiques, et, par suite, le soma, dans ce cas encore tout comme dans les précédents, peuvent être envisagés comme des vraies sécrétions de l'oeuf.

Mais si nous examinons de près ces organismes, nous constaterons facilement que le soma et les caractères somatiques ne sont pas la même chose.

Chaque cellule somatique, nous le savons, est caractérisée par une différenciation histologique spéciale, et toute différenciation histologique, nous l'avons vu (1), est en dernière analyse la sécrétion d'une substance spéciale de la part du bioplasma de la cellule.

Cette substance est donc par rapport à la cellule, considérée comme organisme, ce qu'est le caractère somatique par rapport à un être unicellulaire. Par conséquent, nous pouvons dire que chaque cellule somatique présente des caractères somatiques particuliers qui ne sont que les caractères mêmes de sa différenciation histologique. Or, c'est précisément l'ensemble de ceux-ci qui constitue les caractères somatiques de l'être pluricellulaire, de sorte que tout être pluricellulaire présente dans son organisation le soma formé par les cellules somatiques et les caractères somatiques, qui ne sont en réalité que les caractères somatiques de chaque cellule du soma.

La solution du problème de l'hérédité se réduit donc à démontrer comment à des phases et à des endroits déterminés se reproduisent dans le fils les mêmes caractères somatiques des progéniteurs.

Considérons avant tout les caractères somatiques chimiques, à savoir ceux qui ont leur base sur des substances spéciales caractérisant la différenciation histologique des cellules somatiques.

---

(1) V. IIe Partie, chap. I.

Ces substances, nous le savons, sont produites par l'élaboration du bioplasma des cellules. Or, si nous considérons que ces cellules dérivent, par des cytodiérèses successives, de la cellule oeuf; que cet oeuf contient, dans le cas de la reproduction sexuelle, des biomolécules mâles et femelles; que ces biomolécules, quoique transformées, se transmettent successivement d'une cellule à l'autre, grâce au principe même qui régit la cytodiérèse, c'est-à-dire le dédoublement des biomolécules et des biomores et leur orientation, nous arrivons inévitablement à cette conclusion que chaque cellule du soma doit, dans son bioplasma, contenir des biomolécules mâles et des biomolécules femelles, tout comme l'oeuf les contenait, sauf bien entendu, leur constitution qui naturellement sera plus ou moins transformée et changée.

Il s'ensuit nécessairement que la substance sécrétée par le bioplasma et formant le caractère somatique d'une cellule du soma, sera le produit de l'élaboration des biomolécules mâles et femelles à la fois.

Je ne veux pas exclure d'une manière absolue que cette élaboration puisse se faire parfois aux dépens des biomolécules d'une seule sorte, ce qui ne compliquerait nullement notre interprétation; mais je crois que, dans la plupart des cas, elle a lieu par le concours des biomolécules des deux sortes.

Et s'il en est ainsi, que s'ensuivra-t-il?

Puisque la constitution chimique de la substance sécrétée est en rapport très étroit avec la constitution du bioplasma qui la sécrète, il est clair qu'elle aura le même rapport très étroit avec les deux sortes de biomolécules. Par conséquent, si celles-ci, par exemple, ne sont pas parfaitement identiques dans deux cellules analogues, la substance sécrétée ne pourra être absolument la même.

Concrétons mieux nos idées.

Supposons une cellule a dans un individu, et comparons avec celle-ci une cellule analogue a' d'un autre individu de

la même espèce. Si les biomolécules mâles et femelles formant ces deux cellules sont parfaitement identiques, la substance sécrétée par elles sera, elle aussi, identique dans les deux cellules. Mais si, dans la cellule a, les biomolécules mâles, par exemple, ne sont pas parfaitement identiques aux biomolécules mâles de l'autre cellule a' les substances sécrétées dans les deux cellules différeront entre elles en raison de la différence existant entre ces biomolécules. Il en est de même si nous supposons qu'une différence existe entre les biomolécules femelles.

Nous pouvons, pour plus de simplicité, représenter par une formule ce que nous venons d'exposer.

Appelons m' les biomolécules mâles et m^0 les biomolécules femelles de la cellule a, et x la substance élaborée par ces biomolécules. Celle-ci pourra être considérée comme le produit des biomolécules, d'où l'on conclura:

$$m' \times m^0 = x$$

c'est-à-dire que la valeur de x dépend de la valeur des deux facteurs m', m^0 et changera évidemment si ceux-ci changent.

Cela veut dire, en d'autres termes, que les caractères somatiques chimiques ne sont pas dépendants de l'une seule des cellules sexuelles mais de toutes les deux, ce qui est très compréhensible d'après la démonstration que nous venons d'en donner.

Cependant il ne faut pas croire que toute petite modification des deux sortes de biomolécules doive toujours se reverbérer sur le produit de leur sécrétion. Cela ne se fera évidemment que lorsque ce sera possible, au point de vue chimique.

Soit, par exemple, le produit m' et m^0 une substance chimique x dont le nombre des atomes est y. Supposons maintenant que dans une autre cellule analogue la valeur des biomolécules mâles soit m''. La substance chimique pourra bien n'être plus x, mais une autre substance x' dont le nombre des atomes sera $< y$ ou $> y$, par exemple $y \mp n$. Or, pour que

cette substance x' puisse se former, il est nécessaire qu'elle soit avant tout chimiquement possible, c'est-à-dire qu'elle soit compatible avec le nombre des atomes $y + n$, sans quoi elle ne pourrait exister.

Nous reviendrons d'ailleurs plus tard sur ce sujet, lorsque nous traiterons de l'hybridisme et de ses manifestations.

Quant aux caractères somatiques physiques, nous n'avons qu'à ajouter peu de mots. Tout phénomène physique a sa base essentielle sur la substance chimique qui le produit. Il en est ainsi de la lumière, de la chaleur, de l'électricité, de la couleur, etc. Il est donc clair que les caractères somatiques physiques ne seront que des conséquences directes des caractères somatiques chimiques.

Il nous reste à considérer les caractères somatiques morphologiques.

Ceux-ci sont, en partie au moins, dépendants des caractères chimiques. Je veux dire, par exemple, que dans plusieurs cas, la forme d'un organe dépend de sa nature histologique. Mais le plus souvent elle dépend d'un autre facteur, c'est-à-dire du nombre et de la disposition des cellules. Du nombre des cellules dépend la grandeur des organes ; de la disposition des cellules, la forme de ceux-ci.

D'où dépend, à son tour, le nombre des cellules ? De la prolifération de celles-ci; et comme cette prolifération ne peut se faire sans préalable assimilation, il en résulte que le nombre des cellules dépend de l'assimilation et, par suite, de la constitution bioplasmatique d'une part, et du milieu organique de l'autre. D'où nous sommes amenés à conclure que la grandeur d'un organe tient, en dernière analyse, à la constitution bioplasmatique de ses cellules, c'est-à-dire à une cause chimique, tout comme les autres caractères de la différenciation histologique.

Quant à la disposition des cellules, elle est dépendante de la forme de celles-ci, de leur nombre et des conditions mécaniques dans lesquelles elles se trouvent. Mais la forme est

dépendante de leur différenciation histologique; le nombre, de leur constitution, comme nous venons de le démontrer; les conditions mécaniques sont déterminées dans l'organisme par les autres cellules; il est donc clair que la disposition des cellules est, elle aussi, en dernière analyse, dépendante de leur constitution bioplasmatique.

D'où l'on peut conclure en somme que les caractères somatiques morphologiques, aussi bien que les caractères somatiques chimiques et physiques, ont leur base et leur origine dans la constitution bioplasmatique des cellules et, par suite, dans celle de l'oeuf.

En résumé, nous conclurons:

1° *L'hérédité n'est pas un phénomène exclusivement propre aux êtres vivants. Elle est un phénomène que tous les corps présentent.*

2° *La faculté vraiment propre des êtres est la reproduction. Celle-ci est la base l'hérédité.*

3° *Tous les caractères somatiques, les chimiques, les physiques, les morphologiques même, dépendent en dernière analyse de la constitution bioplasmatique des cellules, et, par suite, de l'oeuf.*

4° *La cause première de l'hérédité réside donc dans la formation, de la part de l'organisme, d'un oeuf égal par sa constitution à celui même dont l'organisme est issu. Cette égalité porte non seulement sur le bioplasma, mais aussi sur le deutoplasma de l'oeuf.*

Chapitre IX.

La dichogamie et la fécondation.

SOMMAIRE : Examen de la constitution des cellules sexuelles — Leurs différences possibles — L'égalité de la qualité de leurs atomes — Différence entre le nombre et l'arrangement de ces atomes — Limites de cette différence — L'âge de maturité sexuelle — La dichogamie — L'hermaphroditisme et l'unisexualisme et leur origine — L'autofécondation et l'hétérofécondation — Résumé.

Nous avons vu que notre interprétation explique assez bien, et jusque dans leurs moindres détails, tous les phénomènes de la maturation des cellules sexuelles, de la fécondation et de l'hérédité. Il s'agit maintenant de suivre cette interprétation dans toutes les conséquences possibles qui doivent en dériver, afin de constater si ces conséquences logiques et inévitables ne sont pas en contradiction avec les phénomènes biologiques que nous connaissons.

Les bases de notre interprétation de la fécondation peuvent être résumées en peu de mots : les biomolécules mâles et femelles, dans chaque sorte de cellules génétiques, doivent arriver à une structure spéciale telle qu'elles soient additionnables, et la somme de leurs atomes à ce moment doit être telle qu'elle soit le quadruple du nombre des atomes qu'elles avaient dans l'oeuf, de manière qu'en se divisant deux fois successivement, elles puissent donner lieu à la formation de quatre biomolécules mâles ou femelles égales aux primitives. Ce que nous pouvons, pour plus de simplicité, exprimer par les formules suivantes :

$$♂ \; m + n = 4a$$
$$♀ \; m' + n' = 4b$$

où m, m' représentent le nombre des atomes des biomolécules mâles, et n, n' le nombre des atomes des biomolécules femelles lorsque celles-ci ont atteint la structure additionnable; a et b représentent respectivement les biomolécules mâles et femelles constituant l'oeuf à l'instant de la fécondation, et les signes ♂ et ♀ représentent l'évolution dans le sens mâle et femelle.

Nous ne pouvons connaître, par nos moyens actuels de recherche, ni la structure spéciale de ces biomolécules additionnables, ni le nombre de leurs atomes non plus. Mais cela ne peut nous empêcher de faire une série de déductions intéressantes et rigoureuses; car, d'une part, nous pouvons faire complètement abstraction de la structure des biomolécules, quelle qu'elle puisse être; de l'autre, le nombre des atomes, bien qu'inconnu, peut être représenté par des lettres alphabétiques, ce qui nous permettra de tirer des conclusions générales s'appliquant parfaitement à tous les cas possibles.

Cela étant posé, il est clair que, puisque m et m' dérivent, par des transformations successives, de la biomolécule a, et n, n' de la biomolécule b, abstraction faite de leur structure que nous ne considérons pas, a et b doivent, à la suite de leur assimilation, ajouter graduellement un certain nombre d'atomes, pour arriver jusqu'aux structures additionnables m, m' n, n'.

Quels seront ces nombres?

Appelons-les respectivement x, y, x', y' et nous obtiendrons:

$$♂ \quad a + x + b + y = 4a$$
$$♀ \quad a + x' + b + y' = 4b$$

et par suite:

$$♂ \quad x + y = 4a - a - b = 3a - b$$
$$♀ \quad x' + y' = 4b - a - b = 3b - a$$

d'où nous voyons que la somme des atomes que les biomolécules doivent s'adjoindre par l'assimilation est dépendante du

nombre même de leurs atomes. Par conséquent, si a est grand et b petit, la somme des atomes que les biomolécules doivent s'adjoindre sera grande dans l'évolution sexuelle mâle, et petite dans l'évolution sexuelle femelle; si a est petit et b grand, le contraire aura lieu.

Or nous savons que l'adjonction de ces atomes se fait par l'assimilation; mais nous savons encore (et nous l'avons fait remarquer au chapitre II de la I[re] partie de ce travail) que cette adjonction ne peut se faire pendant une seule phase d'assimilation: car dans leur évolution, les biomolécules, pour arriver à se régénérer ne doivent pas seulement s'adjoindre d'autres atomes, mais aussi les arranger dans une disposition déterminée. Nous avons alors démontré que cet arrangement et cette adjonction se font par suite, peu à peu, pendant toute une période plus ou moins longue, la période de préparation sexuelle, dont les cytodiérèses marquent les étapes.

Il est donc évident qu'à part les transformations dans la structure des biomolécules, la longueur de cette période de préparation sexuelle dépendra du nombre des atomes que les biomolécules génétiques doivent s'adjoindre. Mais comme ce nombre, ainsi que nous venons de le voir, est dépendant du nombre même des atomes des biomolécules génétiques primitives, il s'ensuit que la longueur de cette période sera dépendante du nombre des atomes des biomolécules génétiques. D'où nous pouvons arguer que si ce nombre est différent dans des espèces différentes, et cela est très probable, la longueur de cette période sera dans ces espèces, elle aussi, différente, les autres conditions, bien entendu, étant d'ailleurs supposées égales.

Or, comme la fin de la préparation sexuelle est caractérisée par la production des cellules sexuelles; comme, d'autre part, l'apparition de cette production est communément appelée l'âge de la maturité sexuelle des êtres, nous comprenons parfaitement, grâce à notre interprétation, comment *cet âge de maturité sexuelle est différent dans des espèces différentes, et*

comment il est généralement bien déterminé pour chaque espèce.

Passons maintenant à la valeur réciproque de a et b.

Ici, deux cas sont possibles: ou bien a est égal à b par le nombre de ses atomes, ou bien il en est différent.

Supposons avant tout que $a = b$, c'est-à-dire que les deux sortes de biomolécules d'un oeuf, bien qu'étant diverses dans leur structure, soient néanmoins égales par le nombre de leurs atomes. Dans ce cas, les périodes de préparation sexuelle seront très probablement égales, aussi bien dans le sens mâle que dans le sens femelle, et, par suite, l'âge de maturité sexuelle mâle coïncidera avec l'âge de maturité femelle.

Mais est-elle possible ou du moins probable, cette égalité du nombre des atomes des deux sortes de biomolécules ?

On ne peut exclure d'une façon absolue cette égalité: mais si l'on considère que ces deux sortes de biomolécules doivent être différentes dans leur structure et que, d'autre part, la qualité de leurs atomes doit être la même, ainsi que nous le démontrerons plus tard, il est très probable que leur différence consiste non seulement dans un arrangement divers de leurs atomes, mais aussi dans un nombre différent de ceux-ci, d'autant plus qu'une différence entre le nombre des atomes amène implicitement une différence dans la structure des molécules.

D'après ces considérations, nous pouvons donc conclure que si l'égalité entre le nombre des atomes des biomolécules mâles et femelles d'un oeuf n'est pas absolument impossible, elle est du moins très improbable.

Or, s'il en est ainsi, si le nombre des atomes des deux sortes de biomolécules est différent, comme cela est très probable, il en résulte nécessairement que les valeurs de $x + y$ et de $x' + y'$ seront, elles aussi, différentes, et par conséquent que les périodes de préparation sexuelle n'auront pas une longueur égale dans les deux sens, c'est-à-dire que *l'âge de maturité sexuelle mâle sera atteint inévitablement ou plus tôt ou plus tard que celui de maturité femelle*,

Nous avons donc là une explication claire, logique et scientifique de la dichogamie, dont la cause tient à l'essence même des phénomènes de préparation sexuelle.

Cette différence étant admise, il s'agit maintenant de voir si le nombre des atomes des biomolécules mâles sera inférieur ou supérieur à celui des biomolécules femelles.

Or, comme nous sommes dans l'impossibilité de le connaître directement, nous tenterons d'y arriver par des raisonnements sur lesquels nous ne pourrons nous appuyer avec une sûreté complète, mais qui nous présentent au moins le degré d'exactitude que nous pouvons désirer dans cette sorte de questions.

Remarquons donc avant tout que, dans les formules ci-devant exposées, on voit clairement que la valeur de $x + y$, c'est-à-dire de la longueur de la période de préparation dans le sens mâle est d'autant plus petite que la valeur de a, c'est-à-dire du nombre des atomes des biomolécules mâles est plus petite, et vice-versa. Cela veut dire donc que si le nombre des atomes des biomolécules mâles est plus petit, l'âge de maturité sexuelle mâle sera atteint plus tôt que celui de maturité femelle.

Au contraire, si b, c'est-à-dire le nombre des atomes des biomolécules femelles est plus petit que a, la période de préparation mâle sera naturellement plus longue que celle de préparation femelle.

Or, bien qu'il ne soit pas possible d'établir, à ce point de vue, une loi générale absolument rigoureuse, on ne peut néanmoins contester que dans la plupart des cas, je dirai même dans presque tous les cas qu'on connait avec une certaine sûreté, l'âge de maturité sexuelle mâle est atteint avant celui de maturité femelle, ou bien, en peu de mots, que la dichogamie protandrique l'emporte énormément sur la dichogamie protogynique. Et s'il en est ainsi, nous pouvons arguer que dans la plupart des cas réels, la période de préparation sexuelle mâle est plus courte que celle de préparation femelle.

c'est-à-dire que la valeur de $x+y$ est inférieure à la valeur de $x'+y'$ et, par suite, que a est plus petit que b.

Nous baserons donc nos considérations ultérieures sur cette hypothèse, sans exclure par là, bien entendu, la possibilité que, dans quelques cas, les choses puissent se passer autrement, ce qui d'ailleurs permettra aux Biologistes d'arriver à des conclusions correspondantes, par des déductions analogues à celles que nous allons suivre dans ce chapitre.

Etant posé que les deux sortes de biomolécules génétiques doivent différer par l'arrangement et par le nombre de leurs atomes, deux facteurs caractérisant toute molécule, il nous reste à voir maintenant si elles peuvent différer aussi par le troisième facteur, c'est-à-dire par la qualité des atomes.

Supposons, par exemple, qu'une des deux sortes de biomolécules, par exemple la biomolécule femelle b, possède dans sa constitution un élément chimique quelconque que l'autre biomolécule a ne possède pas.

Evidemment, tant que les biomolécules se trouvent dans les phases de préparation et de maturation sexuelle, c'est-à-dire tant qu'elles conservent dans la biomonade leur individualité et leur indépendance, la présence de cet élément sera caractéristique exclusivement des biomolécules femelles. Mais lorsque, étant devenues additionnables, l'addition aura lieu, par ce fait même les biomolécules femelles porteront dans l'ensemble de la biomolécule résultant de l'addition l'élément chimique qu'elles seules possédaient jusque là, et, par suite, les quatre biomolécules mâles qui en résulteront après les deux divisions successives, contiendront, elles aussi, ce même élément.

De cette manière, nous voyons que si une sorte de biomolécule différait de l'autre par la présence d'un élément spécial, cette différence ne pourrait absolument se conserver, à cause du processus même caractérisant la maturation sexuelle, c'est-à-dire à cause de l'addition biomoléculaire.

D'où nous conclurons que *les deux sortes de biomolécules*

génétiques doivent différer entre elles par l'arrangement et par le nombre des atomes, mais que la qualité de ceux-ci doit être la même. Il ne peut y avoir, dans aucune d'elles, un élément chimique qui lui soit exclusivement propre.

Nous sommes donc arrivés peu à peu à ces connaissances sur la nature des biomolécules génétiques mâles et femelles:

a) qu'elles doivent être constituées d'atomes de la même qualité;

b) qu'elles doivent différer dans l'arrangement des atomes;

c) qu'elles doivent différer dans le nombre des atomes;

d) que le nombre des atomes des biomolécules mâles est très probablement, et dans la plupart des cas au moins, inférieur au nombre des atomes des biomolécules femelles.

Quant aux limites possibles de cette différence entre le nombre des atomes, nous pouvons l'établir assez facilement par la formule même ci-devant exposée:

$$x + y = 3a - b$$

car on comprend aisément que quand b sera égal à $3a$, la valeur de $x + y$ sera o, et dans ce cas, la différence entre a et b sera égale à $2a$.

$$b = 3a$$
$$3a - a = 2a.$$

Nous pouvons donc ajouter encore:

e) que, quelle que soit la différence entre le nombre des atomes des biomolécules génétiques, elle ne peut en tout cas être supérieure au double du nombre des atomes de la biomolécule mâle, ou, en d'autres termes, la biomolécule femelle ne peut posséder un nombre d'atomes plus grand que le triple des atomes qui constituent la biomolécule mâle.

Cela étant posé, quelles seront les conséquences naturelles qui en découleront?

Examinons avant tout l'origine de l'hermaphroditisme et de l'unisexualisme.

Nous savons que les cellules génétiques, pour arriver au bout de leur évolution, doivent suivre deux directions différentes, l'une femelle, l'autre mâle, et que pendant cette évolution, à partir du moment sexuel, elles doivent subir des transformations chimiques spéciales, caractéristiques de ces deux directions.

Mais ces transformations ont lieu successivement par des périodes d'assimilation, et celle-ci se fait naturellement aux dépens des substances du milieu interne organique. On voit donc que l'organisme doit présenter dans son milieu interne ces substances, sans quoi évidemment l'évolution ne pourrait s'effectuer.

Or, si l'évolution des cellules génétiques était la même dans les deux directions sexuelles, il n'y aurait pas de raisons pour que chaque individu ne produisît pas des cellules sexuelles des deux sortes ; mais comme cette évolution est différente, il est clair qu'afin que cette production puisse avoir lieu, il est absolument nécessaire que, dans le milieu interne de l'organisme, existent les conditions chimiques indispensables à l'évolution dans le sens mâle et dans le sens femelle à la fois.

Or, bien que cette coexistence ne soit pas impossible, elle est du moins difficile, et la difficulté sera évidemment d'autant plus grande que les biomolécules mâles et femelles seront plus différentes; car leurs modes d'évolution et, par suite, de préparation sexuelle, seront, eux aussi, plus différents et exigeront par conséquent, des conditions chimiques du milieu interne organique si diverses que, dans la plupart des cas, elles ne pourront se trouver réalisées dans le même individu.

C'est dans ces conditions du milieu organique et de l'évolution des cellules sexuelles que nous devons rechercher la cause de l'hermaphroditisme et de l'unisexualisme. Aussi, envisagé à ce point de vue, et par notre mode d'interprétation, le problème de la sexualité reçoit une solution rationnelle, et nous comprenons parfaitement pourquoi l'hermaphroditisme est assez rare et ne peut se réaliser que dans certains orga-

nismes, tandis que l'uni-sexualisme l'emporte de beaucoup sur le premier, particulièrement dans les êtres à organisation plus élevée.

L'hermaphroditisme et l'unisexualisme tirent leur origine de la constitution même de l'espèce; ils sont une conséquence inévitable de celle-ci, et c'est en vain qu'on rechercherait leur cause primitive dans les résultats de la sélection ou dans l'hypothèse très téléologique d'une adaptation avantageuse à l'espèce.

Tout comme la formation des sexes, leur séparation est une nécessité fatale due aux transformations chimiques indispensables pour la formation des cellules sexuelles et aux conditions dans lesquelles elles doivent s'accomplir.

Certes, si nous pouvions connaître exactement la constitution des biomolécules mâles et femelles, les transformations caractérisant leur préparation et leur maturation, et la nature chimique du milieu interne de l'organisme, nous pourrions aussi juger d'avance si celui-ci est hermaphrodite ou unisexuel; mais comme nous sommes dans l'impossibilité de connaître ces facteurs, nous nous trouvons forcément dans la nécessité de considérer cette question à un point de vue très général, en nous tenant cependant à cette constatation que non seulement notre interprétation n'est pas en contradiction avec les faits réels, mais qu'elle nous amène encore par des déductions logiques à une explication rationnelle de ces faits-mêmes.

Quant à l'autofécondation et à l'hétérofécondation, nous en trouvons dans notre interprétation une explication beaucoup plus rationnelle et plus scientifique qu'on ne l'avait donnée jusqu'ici.

Nous avons en effet démontré dans les pages précédentes que les deux sortes de périodes de préparation sexuelle doivent être de longueur différente, ce qui produit nécessairement la dichogamie. Il est donc évident que l'autofécondation ne pourra avoir lieu que dans le cas où cette dichogamie ne

soit pas trop accentuée, c'est-à-dire que la période de préparation sexuelle femelle ne soit pas excessivement plus longue que celle de la préparation mâle, de manière que les cellules sexuelles mâles soient encore aptes à la fécondation lors de la formation des cellules femelles ; ou bien dans le cas où, la dichogamie étant très accentuée, il existe néanmoins des dispositions spéciales (vésicules ou réceptacles séminaux par exemple) par lesquelles les cellules mâles puissent se conserver jusqu'à la formation des cellules femelles.

Mais si ces conditions spéciales ne sont pas réalisées, on comprend facilement que l'autofécondation ne pourra avoir lieu, et que l'hétérofécondation sera évidemment indispensable pour assurer la reproduction.

Et s'il en est ainsi, rien de plus naturel que, dans les êtres où la reproduction ne peut se faire que par l'hétérofécondation, on constate des dispositions spéciales qui la favorisent, ainsi que nous pouvons le voir chez quelques animaux et plus spécialement dans plusieurs végétaux.

Or, que de semblables dispositions favorisant l'hétérofécondation puissent, en même temps, empècher le phénomène inverse, à savoir l'autofécondation, c'est ce qu'on peut concevoir très facilement ; mais ce serait, je crois, exagérer et méconnaître la portée philosophique du phénomène que de dire que ces dispositions ont pour but d'empêcher l'autofécondation.

Il en est même de l'interprétation qu'on donne généralement de la dichogamie.

Celle-ci, d'après la plupart des Biologistes, aurait pour but, elle aussi, d'empècher l'autofécondation. Mais il est clair que cette manière d'envisager ce phénomène, non seulement n'est pas scientifique parce qu'elle est trop téléologique, mais qu'elle est encore entièrement erronée au point de vue de la logique : car c'est ce qu'on appelle vulgairement mettre la charrue devant les boeufs.

D'ailleurs, si la dichogamie avait vraiment pour but d'empècher l'autofécondation dans les êtres hermaphrodites, elle ne

devrait pas exister chez les organismes unisexuels, où l'autofécondation est impossible. Et pourtant nous savons qu'elle y existe réellement et, peut être, plus accentuée que chez les hermaphrodites !

En se basant sur les prétendus inconvénients dérivant des unions consanguines, et en comparant ces unions à l'autofécondation, les Biologistes ont voulu voir aussi dans l'empêchement de celle-ci par la dichogamie une disposition de la nature favorable à l'amélioration de l'espèce. Mais, à ce point de vue aussi, on peut objecter que si, d'une part, les inconvénients de la consanguinité sont exagérés, ou inexistants, ou autrement et plus exactement interprétés aujourd'hui qu'ils ne l'étaient auparavant, de l'autre, la dichogamie ne peut, par elle seule, empêcher les unions consanguines dans tous les cas possibles.

Parmi les nombreuses plantes de nos prés, par exemple, plusieurs d'entre elles sont sans aucun doute consanguines, étant nées de graines provenant du même individu. Mais il est clair que si la germination de toutes ces graines consanguines ne se fait pas précisément au même instant, ce qui est très probable, il arrivera facilement que les produits sexuels mâles d'une plante soient mûrs en même temps que les produits femelles d'une autre plante, sa consanguine. Dès lors, je ne vois pas pourquoi la fécondation entre ces deux individus ne devrait pas avoir lieu; et si elle a lieu, on peut affirmer que la dichogamie a manqué son but.

Nous conclurons donc :

1° *Les biomolécules des deux sortes de cellules sexuelles doivent être égales entre elles par la qualité de leurs atomes et en différer par l'arrangement et le nombre.*

2° *La durée de la période de préparation sexuelle est, par suite, différente dans les deux sortes de cellules génétiques: d'où la dichogamie.*

3° *L'hermaphroditisme et l'unisexualisme sont dépendants des transformations chimiques mêmes qui caractérisent la préparation sexuelle et des conditions dans lesquelles celle-ci s'accomplit.*

4° *La dichogamie est la cause de la difficulté de l'autofécondation et de la fréquence de l'hétérofécondation.*

Chapitre X.

La Parthénogénèse.

SOMMAIRE : L'hétérogénèse et la parthénogénèse — Leurs caractères — La mé- [illegible] le sexe en rapport à ce nombre — [illegible]

Avant d'aborder l'intéressante question de la parthénogénèse, il faut que nous nous entendions, aussi exactement que possible, sur l'étendue de la signification de ce mot.

On sait que les exemples d'organismes dérivant d'une cellule seule d'un autre individu préexistant, sans fécondation préalable, sont très nombreux chez les végétaux aussi bien que chez les animaux. Mais ces exemples ne peuvent pas tous être considérés comme des phénomènes de parthénogénèse.

Voici une spore de fougère, une cellule donc, qui, sans être fécondée, engendre un autre organisme, le prothalle. S'agit-il ici de parthénogénèse ? Non, car la spore dérive de la feuille et le prothalle est très différent de celle-ci.

Les prétendues formes parthénogénétiques de *Phylloxera vastatrix* ne peuvent être rigoureusement envisagées comme telles ; car les formes des différentes générations ne sont pas parfaitement semblables entre elles.

Il en est de même de la parthénogénèse de quelques Crustacées, de plusieurs *Cynipidae* et, d'une façon générale, de ces animaux où la prétendue parthénogénèse est accompagnée de l'hétérogénèse.

Il faut absolument se rappeler toujours que la parthénogénèse est liée indissolublement à la reproduction et qu'elle ne peut exister qu'en tant qu'existe celle-ci, c'est-à-dire qu'on ne peut parler de parthénogénèse qu'alors que l'individu naissant d'une cellule seule, sans fécondation préalable, est parfaitement identique à l'individu dont cette cellule est issue: ce que nous ne pouvons pas constater dans les cas d'hétérogénèse.

Ceux-ci ne sont que des phénomènes de génération alternante, et génération n'est pas reproduction.

La génération n'implique que la production d'un autre organisme, indépendamment de l'identité entre celui-ci et son progéniteur. Je dirai même qu'elle exclut cette identité: car si celle-ci existait, elle deviendrait une véritable reproduction.

Or, l'hétérogénèse n'est, en dernière analyse, qu'un cas spécial de l'ontogénèse. Chaque organisme: *a, b, c*... du cycle vital doit être considéré comme une partie d'un organisme idéal plus complexe résultant de l'ensemble des différentes formes du cycle. Et cela s'explique aisément si nous nous en rapportons à la conception de tout organisme et à l'origine des parties du corps.

Chaque organe des êtres pluricellulaires tient son origine primitive dans une cellule parue dans le corps à une époque déterminée de leur vie, et cette cellule, en se nourrissant aux dépens des substances mêmes du milieu interne de l'organisme (1), se divise successivement en donnant lieu à plusieurs autres cellules qui formeront, par leur ensemble, l'organe que nous considérons. Et comme les appareils sont formés par l'ensemble des organes, il s'ensuit que chaque appareil, quelque complexe qu'il puisse être, a une origine analogue.

Or, chaque individu parthénogénétique du cycle vital hétérogénétique est, lui aussi, issu d'une cellule, parue dans le corps du progéniteur à une époque déterminée de son exi-

---

(1) V. 2e partie de cet ouvrage.

sience; cellule qui, se nourrissant aux dépens des substances deutoplasmatiques qu'elle renferme, produit plusieurs autres cellules constituant par leur ensemble un appareil très complexe, à savoir l'être que nous considérons.

Mais y a-t-il dans ces deux phénomènes des différences fondamentales?

La cellule dont dérive un organe exige, pour son développement et pour ses divisions ultérieures, des substances nourrissantes qu'elle ne renferme pas en elle-même, mais qu'elle puise dans le milieu interne organique du corps dont elle est une partie constituante. Elle ne peut donc abandonner ce corps. Elle doit y rester attachée, afin d'y trouver à chaque instant les conditions indispensables pour son évolution.

La cellule au contraire dont dérive une forme dite parthénogénétique, du cycle hétérogénétique, a accumulées, dans son intérieur même, les substances nécessaires pour le développement et l'évolution des autres cellules qui dériveront de sa division. Elle devient donc, par ce fait même, indépendante du corps qui l'a produite, et peut, par suite, l'abandonner, et acquérir une indépendance parfaite.

L'organe dérivé d'une cellule peut jouer, dans tout le système symbiotique de l'organisme, un rôle plus ou moins important, d'où la nécessité de rester attaché à son corps, soit pour puiser dan son milieu interne les substances nourrissantes, soit pour y déverser d'autres substances pouvant servir à la nutrition des autres organes.

Mais dans le cas de l'hétérogénèse, par le fait même que la cellule génératrice s'est détachée du corps du progéniteur, l'ensemble des cellules dérivant de celle-ci doit nécessairement constituer un système symbiotique capable de vivre indépendamment, sans quoi le résultat de la génération serait nul.

Nous voyons donc que la seule différence entre l'hétérogénèse et l'ontogénèse usuelle, consiste dans la faculté qu'ont certaines cellules de quelques organismes de pouvoir accumuler dans leur intérieur les substances nécessaires pour l'évo-

lution des autres cellules qui en dériveront, et par conséquent de permettre que cette évolution puisse s'accomplir indépendamment du corps du progéniteur; tandis que dans l'ontogénèse normale, les évolutions de toutes les cellules sont intimement liées à la constitution et à l'intégrité du corps dont elles dérivent et où elles doivent puiser leurs substances nourrissantes.

Du reste, nous trouvons dans la métagénèse des phénomènes précisément intermédiaires entre ceux que nous venons d'examiner. Nous y voyons en effet que certaines parties de l'être se forment sur son corps, s'accroissent aux dépens des substances de son milieu organique et ne l'abandonnent que plus tard, acquérant ainsi les caractères d'un individu organique, quelque temps seulement après leur origine.

D'ailleurs, à cette même catégorie de phénomènes nous devons ramener aussi les faits caractéristiques de la métamorphose.

Ici encore il ne s'agit, en dernière analyse, que de substitution d'organes à ceux qui préexistaient, c'est-à-dire d'un phénomène parfaitement analogue à celui qui caractérise l'ontogénèse normale de tous les êtres.

Il n'y a de différence que dans le degré de cette substitution ou, pour mieux dire, dans l'intensité du phénomène, ce qui fait que son accomplissement frappe plus vivement le Biologiste. Mais nous savons d'ailleurs qu'on peut constater toutes les gradations possibles de cette substitution à partir de certains animaux (Amphibiens par exemple), où quelques organes seulement sont substitués, jusqu'à certains autres (Nemertes par exemple et Echinodermes), où la substitution est tellement intense que l'individu préexistant disparait en tant qu'organisme et que les organes de nouvelle formation constituent par leur ensemble un être nouveau.

Dans l'interprétation même de l'ontogénèse, telle que nous l'avons donnée dans le IIe partie de ce travail, nous pouvons donc retrouver l'explication de tous ces phénomènes, lesquels, bien qu'apparemment différents, consistent tous essen-

tiellement dans cette successive substitution d'organes que nous avons vue être caractéristique de l'ontogénèse. De sorte que si nous voulons les classer, nous pouvons les disposer dans une série ascendante, comme il suit:

1°) *ontogenèse:* substitution graduelle d'organes formant toujours par leur ensemble un individu seul.

2°) *métamorphose:* substitution d'organes formant toujours un seul individu, mais plus ou moins rapide, et par suite, plus évidente.

3°) *métagénèse:* substitution d'organes formant d'abord un seul individu, mais aptes, par suite de leur organisation, à se séparer du progéniteur et à constituer autant d'individus indépendants.

4°) *hétérogénèse:* substitution d'organes qui, dès leur origine, peuvent abandonner le corps du progéniteur et se développer indépendamment de celui-ci.

En revenant donc à l'hétérogénèse qui nous intéresse plus particulièrement, nous voyons que la différence capitale entre elle et les autres phénomènes ci-dessus mentionnés, n'est que la formation de cellules abondamment pourvues de substances deutoplasmatiques, capables de pouvoir produire, à elles seules, un organisme sans le concours du milieu interne de l'être dont elles dérivent.

Or, c'est précisément à ces substances et à la ressemblance avec les oeufs, que ces cellules acquièrent nécessairement à la suite de leur accumulation à l'intérieur d'elles, que les phénomènes d'hétérogénèse ont été interprétés comme des phénomènes de parthénogénèse. Et c'est encore à cette même cause qu'est due l'émission du corpuscule polaire, autre phénomène qui concourt évidemment à rendre plus frappante la ressemblance de ces cellules avec de véritables oeufs.

Mais maintenant que nous savons quelle est la signification des corpuscules polaires et quelle est la cause de leur petitesse, nous pouvons comprendre parfaitement pourquoi, dans les phénomènes d'hétérogénèse, il s'en produit un.

Toute cellule destinée dans ce cas à devenir un prétendu oeuf parthénogénétique dérive, elle aussi, par division, d'une cellule préexistante. Or, si celle-ci, dans sa dernière période d'assimilation, produit une grande quantité de substances deutoplasmatiques s'accumulant à son intérieur, et la remplissant, il est évident qu'à la fin de cette période, lorsque ses biomores, après le dédoublement biomoléculaire et biomorique, commenceront leur orientation qui doit amener la division de la cellule, ils ne pourront, à la suite de la grande quantité de ces substances, et surtout à cause des actions moleculaires dépendant de leur constitution chimique et de celle du bioplasma, contracter des rapports de position avec les particules brutes du deutoplasma et, par conséquent, celles-ci ne pourront être entraînées dans la division. D'où la nécessité inévitable que l'une des deux cellules résultant de la division soit très petite par rapport à l'autre, et qu'elle nous apparaisse, par suite, avec les caractères des corpuscules polaires des oeufs.

L'élimination que nous venons de faire des phénomènes de l'hétérogénèse de la catégorie de ceux de la véritable parthénogénèse, élimination qui nous est imposée par la rigoureuse exactitude nécessaire dans l'examen des faits biologiques, réduit évidemment à un nombre plus exigu les vrais phénomènes parthénogénétiques (1). Nous considèrerons comme tels, les phénomènes seulement où la génération d'un organisme aux dépens d'une seule cellule sans fécondation préalable est intimement liée à la reproduction, c'est-à-dire où l'organisme généré est parfaitement égal à l'individu dont il est issu.

---

(1) Je crois même qu'à mesure que nos connaissances sur ces phénomènes progresseront et que les recherches seront plus exactes et plus rigoureuses, le nombre des cas de vraie parthénogénèse diminuera encore. Je suis personnellement convaincu que plusieurs des phénomènes aujourd'hui encore considérés comme parthénogénétiques, ne le sont pas et que, après un examen rigoureux et critique, ils rentreront, eux aussi, dans la catégorie des phénomènes d'hétérogénèse.

Ce sont ces phénomènes que nous allons examiner maintenant et tenter d'en donner une interprétation.

A ce point, il faut absolument faire une distinction entre les organismes où l'addition biomoléculaire est externe et ceux où cette addition est interne.

Considérons-les séparément.

1°) L'addition biomoléculaire est externe.

Nous avons vu que, dans ce cas, l'addition biomoléculaire ne peut se faire qu'alors que les deux gamètes, se fusionnant, permettent aux biomolécules de venir en contact réciproque ; nous savons encore que, dans chacun de ces gamètes, existent toutes les biomolécules, aussi bien celles d'origine femelle que celles d'origine mâle. Est-il possible donc que ces deux gamètes puissent se développer parthénogénétiquement, sans fusionnement préalable ?

Nous n'avons qu'à considérer quelle est la cause de la reproduction telle que nous venons de l'envisager dans les pages précédentes, pour donner une réponse satisfaisante.

Nous savons, que dans chaque gamète, les biomolécules mâles et femelles primitives ont, par suite de transformations chimiques, atteint une structure spéciale, où le nombre des atomes est plus grand qu'il ne l'était dans l'oeuf, et que si ces biomolécules pouvaient trouver, dans le milieu où elles vivent, des substances nourrissantes présentant des atomes de qualité, de nombre et dans un arrangement tels que le phénomène l'exige, elles arriveraient, à elles seules, à se dédoubler en deux biomolécules égales aux biomolécules primitives et, par suite, à régénérer l'oeuf complet.

Nous avons même démontré que c'est à la difficulté de trouver dans le milieu ces conditions spéciales chimiques, qu'est due la nécessité du fusionnement des gamètes, de la fécondation, et que ce fusionnement porte à la régénération non d'un oeuf seul, mais de quatre oeufs égaux au primitif.

On comprend donc que cette difficulté ne pourra être la même dans tous les organismes ; car elle dépendra, d'une

part, de la structure que les biomolécules doivent atteindre et, d'autre part, de la nature des substances nourrissantes. Et comme les biomolécules ne sont pas identiques dans les différentes espèces d'êtres; comme d'autre part, les substances nourrissantes peuvent être diverses, il n'est pas impossible que certaines espèces puissent, dans des conditions spéciales de nutrition, arriver à la régénération de l'oeuf sans fusionnement préalable des gamètes et, par suite, sans addition biomoléculaire.

Aussi, nous comprenons parfaitement pourquoi la parthénogénèse est intimement liée aux conditions chimiques du milieu et de ses substances nourrissantes, et pourquoi elle s'observe seulement chez quelques-unes des espèces.

Mais la possibilité d'arriver à la régénération complète de l'oeuf, bien qu'en degré différent, peut néanmoins exister pour les deux sortes de gamètes. Ceux-ci, en effet, contiennent, dans leur bioplasma, les biomolécules mâles et femelles; et si la régénération des biomolécules primitives de l'oeuf peut avoir lieu grâce à la réalisation des conditions favorables, on comprend que l'oeuf qui en résultera sera complet; car il contiendra, lui aussi, les deux sortes de biomolécules.

Dès lors, cet oeuf sera égal à celui dont sont issus les gamètes. Quoi donc de plus naturel qu'il puisse, sans fécondation, donner lieu à un organisme égal à celui dont il est dérivé?

C'est précisément chez certaines Algues, et chez quelques Champignons inférieurs, où très probablement l'addition biomoléculaire est externe, comme nous l'avons dit, que cette parthénogénèse a été observée; et on sait encore que sa manifestation est strictement dépendante des conditions nourrissantes du milieu. Les botanistes ont aussi remarqué que la possibilité du développement parthénogénétique existe chez quelques espèces, aussi bien pour l'un que pour l'autre des deux gamètes.

2º) L'addition biomoléculaire est interne.

Les considérations que nous venons de faire pour les gamètes où l'addition biomoléculaire est externe, peuvent-elles être appliquées aux gamètes où l'addition biomoléculaire est interne ?

Si nous comparons entre elles ces deux sortes de gamètes, nous verrons facilement qu'une profonde différence les sépare. En effet, les gamètes où l'addition biomoléculaire est externe, possèdent, tout comme les cellules génétiques dont ils dérivent, aussi bien les biomolécules mâles que les femelles. Mais il n'en est pas de même des gamètes où l'addition biomoléculaire est interne.

Dans ce cas, nous le savons, l'addition biomoléculaire, caractérisant le commencement de la phase de synapsis, a pour résultat immédiat la disparition des biomolécules de l'autre sexe. Par conséquent, le gamète mâle ne pourra contenir que les biomolécules et, par suite, les biomores mâles, et le gamète femelle ne sera plus constitué que de biomolécules et de biomores femelles.

Mais si l'on considère les cellules génétiques des deux sexes avant l'addition biomoléculaire, avant la synapsis, on conçoit facilement que leurs conditions sont bien différentes.

Dans ces cellules, où l'addition biomoléculaire ne s'est pas accomplie, se trouvent évidemment les deux sortes de biomolécules. Elles sont donc dans les mêmes conditions de constitution que les gamètes où l'addition biomoléculaire est externe.

Il faut donc, dans les cas que nous allons considérer, faire une distinction entre les cellules génétiques avant la synapsis, et les gamètes.

Il est donc nécessaire de les analyser séparément.

a) Parthénogénèse normale — Examinons avant tout les cellules génétiques, lorsque l'addition biomoléculaire n'a pas encore eu lieu.

Evidemment, celles-ci se trouvent dans des conditions analogues aux gamètes où l'addition biomoléculaire est externe :

et il est, par suite, facile de concevoir comment la régénération complète d'un oeuf est possible sans la fécondation.

En effet, les biomolécules des deux sortes, mâles et femelles, qui sont indispensables pour la constitution intégrale de l'oeuf, existent encore dans ces cellules, et pour arriver à se régénérer égales à celles de l'oeuf primitif, elles n'ont qu'à atteindre la structure spéciale, nécessaire pour leur dédoublement. Et ce phénomène, nous le savons, ne dépend que de la nature des substances nourrissantes et de la structure intrinsèque des biomolécules.

Nous pouvons donc comprendre facilement comment, dans certains organismes où cette structure peut se trouver réalisée, la régénération intégrale de l'oeuf primitif, sans fécondation, est possible lorsque les cellules génétiques peuvent trouver dans le milieu ambiant des conditions spéciales de nutrition.

On sait en effet que la parthénogénèse ne peut avoir lieu que dans les meilleures conditions de nourriture : et cela se conçoit aisément si nous considérons que la régénération des biomolécules sans qu'elles s'additionnent les unes aux autres et, par suite, aux dépens des seules substances nourrissantes du milieu, exige que les biomolécules ajoutent aux atomes qui les forment d'autres atomes, et dans un arrangement tel que leur but final l'exige. Ce qui, évidemment, ne pourrait s'effectuer si le milieu était pauvre en substances nourrissantes ou si celles-ci n'avaient pas une constitution chimique convenable.

Mais si les conditions sont favorables et si toutes les biomolécules du gamète peuvent se régénérer telles qu'elles étaient dans l'oeuf primitif, il est évident que ce gamète sera complet par lui-même; la fécondation sera inutile, et le développement d'un individu égal au progéniteur sera possible, pourvu que dans le gamète parthénogénétique soient renfermées des substances deutoplasmatiques nécessaires à la nutrition des blastomères.

La possibilité de cette régénération de l'oeuf sans le concours de la fécondation existe, du moins théoriquement, pour les deux sortes de gamètes, mâles et femelles. Mais on conçoit facilement que, dans le gamète mâle, cette régénération, quand même elle s'accomplirait, n'aboutirait au résultat final, au développement d'un autre organisme, d'après lequel seulement nous pouvons juger de la potentialité du gamète, qu'à la condition que, dans lui aussi, puissent se produire et s'accumuler les substances deutoplasmatiques indispensables au développement.

Quant au nombre des corpuscules polaires, non seulement nous pouvons démontrer par notre interprétation que, dans cette sorte de parthénogénèse, les oeufs n'en émettent qu'un seul, mais que les choses ne pourraient se passer autrement.

Nous savons en effet que l'émission des deux corpuscules polaires, caractéristique de la maturation de l'oeuf, est la conséquence directe des deux divisions successives de la cellule, et que celles-ci sont le résultat immédiat de l'addition biomoléculaire. Mais dans ces oeufs parthénogénétiques, celle-ci n'a pas lieu, et par conséquent, les deux divisions et l'émission correspondante des deux corpuscules polaires manqueront complètement.

Dans ces cellules génétiques destinées à devenir des oeufs parthénogénétiques, la maturation doit être évidemment différente que dans les autres oeufs. Les transformations chimiques de la période de maturation, de la période précédant immédiatement la régéneration des biomolécules, aboutissant à cette régénération par le moyen seul de l'assimilation sans le concours de l'addition biomoléculaire, ne peuvent être les mêmes que celles des cellules génétiques, où ces transformations doivent conduire à l'addition biomoléculaire.

Dans le premier cas, la période de maturation est parfaitement égale à une période quelconque d'assimilation aboutissant à un seul dédoublement des biomolécules et des biomores et, par suite, à une cytodiérèse normale. Par conséquent,

les phénomènes accompagnant la maturation d'un oeuf parthénogénétique, dans le cas que nous examinons, ne pourront différer de ceux de la cytodiérèse normale. Le nombre des chromosomes sera donc normal, et ceux-ci ne seront que doubles. Pas de formation de tétrades, pas de réduction dans le nombre des chromosomes et de la quantité de chromatine et, par suite, élimination d'un seul corpuscule polaire.

Quant à la qualité du sexe des organismes issus de ces oeufs parthénogénétiques, nous ne pouvons arriver à des conclusions décisives. Mais si l'on considère que par le mode dont s'accomplit la régéneration des biomolécules, l'oeuf parthénogénétique est, comme nous venons de le démontrer, égal à l'oeuf sexuel, et si l'on croit que le sexe des organismes naissant de celui-ci n'est pas prédéterminé dans l'oeuf mais dépendant des conditions de développement, nous devons arguer nécessairement que de l'oeuf parthénogénétique peuvent dériver aussi bien des individus mâles que des individus femelles, la détermination du sexe étant, dans eux aussi, produite par les conditions du développement.

Nous conclurons donc que dans la parthénogénèse normale, le sexe n'est pas prédéterminé dans l'oeuf.

Les exemples de cette sorte de parthénogénèse que nous venons d'interpréter ne sont pas trop rares en nature, bien que leur nombre soit nécessairement diminué à cause de l'exclusion que nous avons faite des cas d'hétérogénèse. Y appartiennent évidemment ces cas où les individus dérivés des oeufs parthénogénétiques sont tout-à-fait semblables aux autres et, par suite, où les générations parthénogénétiques peuvent se poursuivre indéfiniment, tant que les conditions du milieu sont favorables à la parthénogénèse. C'est, je crois, à cette catégorie que nous devons rapporter la parthénogénese de certains Rotiféres, de plusieurs Aphidiens, et de quelques Crustacés (*Daphnia, Artemia*), où les oeufs parthénogénétiques n'émettent qu'un seul corpuscule polaire, sans réduction du nombre des chromosomes.

b) Pseudoparthénogénèse ou fausse parthénogénèse. — Considérons maintenant les cellules génétiques après la synapsis, c'est-à-dire après l'addition biomoléculaire, ou, en d'autres termes, considérons les gamètes.

Nous avons vu que l'addition biomoléculaire, en même temps qu'elle permet la régénération de quatre biomolécules égales aux primitives, produit la disparition des biomolécules de l'autre sexe.

Nous savons encore que les conséquences directes de cette addition sont la formation des tétrades, la réduction du nombre des chromosomes et, par suite, l'émission de deux corpuscules polaires.

Il s'ensuit que, dans les oeufs où la maturation a eu lieu normalement par l'émission de deux corpuscules polaires, les biomolécules mâles font complètement défaut, et que l'oeuf ne peut plus contenir que les biomolécules d'origine femelle.

Est-elle possible, dans cette sorte d'oeufs, la parthénogénèse ?

Il est vrai que, dans ces oeufs, les biomolécules femelles sont égales aux biomolécules de l'oeuf primitif dont l'organisme est issu; mais il est vrai aussi que cet oeuf primitif avait été fécondé, c'est-à-dire qu'il contenait non seulement les biomolécules femelles, mais aussi les biomolécules mâles apportées à lui par le spermatozoïde fécondateur. L'un, l'oeuf fécondé, est une biomonade complète ; l'autre est une biomonade incomplète, tant que le spermatozoïde n'intervient pas pour la compléter.

On conçoit donc facilement que la potentialité de ces deux sortes d'oeufs ne peut être la même.

Certes, je ne veux pas exclure qu'un oeuf semblable puisse se segmenter sans fécondation préalable. L'oeuf mûr, bien qu'il soit une biomonade incomplète, est néanmoins encore une cellule dont il a toutes les parties constituantes. Il peut donc, à lui seul, assimiler aux dépens des substances deutoplasmatiques qu'il renferme. Et cette assimilation peut se poursuivre, toujours suivie de la cytodiérèse, jusqu'à una phase

plus ou moins avancée, selon les différents organismes que nous considérons.

Mais ce n'est pas là tout ce qui constitue la potentialité de l'oeuf fecondé.

La potentialité de celui-ci est, comme nous l'avons démontré (1), l'ontogénèse tout entière dans sa plus vaste signification, à savoir l'ensemble de toutes les manifestations caractérisant la vie de l'être, à partir de l'oeuf dont il dérive jusqu'à la production d'un autre germe.

Il faudrait donc, pour que la potentialité des oeufs en question, se développant parthénogénétiquement, fût égale à celle des oeufs fécondés, que les êtres, issus par développement parthénogénétique, non seulement donnassent lieu à toutes les manifestations ontogénétiques caractéristiques des êtres issus des oeufs fécondés, mais qu'ils produisissent aussi des oeufs ou des spermatozoïdes, tout comme le font ces derniers.

Or, c'est ici le noeud principal de la question.

Nous pouvons bien admettre, si nous le voulons, qu'un de ces oeufs parthénogénétiques puisse produire un organisme complet, capable d'arriver jusqu'à la production des ovogonies ou des spermatogonies; mais pourront-elles, ces cellules, accomplir leur maturation?

Tout comme l'oeuf dont elles dérivent, ces cellules génétiques ne contiendront dans leur bioplasma que des biomolécules femelles. Comment pourra donc se faire l'addition biomoléculaire nécessaire pour la régénération des biomolécules femelles, puisque les biomolécules mâles avec lesquelles elles doivent s'additionner font complètement défaut?

Evidemment, elle ne sera pas possible, et la régénération des biomolécules femelles primitives ne pourra, par suite, avoir lieu que par la simple assimilation aux dépens des substances du milieu, ce qui n'est pas absolument impossible, mais du moins très peu probable.

---

(1) V. IIe partie. L'ontogénèse et ses problèmes.

Dans cette catégorie de phénomènes parthénogénétiques, il faut placer, selon moi, tous ces cas de parthénogénèse expérimentale dont le nombre va s'accroissant chaque jour. Je veux dire tous ces cas où l'on constate que des oeufs, destinés normalement à être fécondés et ayant émis deux corpuscules polaires, sont néanmoins aptes à se segmenter sans fécondation préalable.

Comme je ne puis citer ici tous les exemples de cette prétendue parthénogénèse, je renvoie le lecteur aux travaux spéciaux sur ce sujet, et à une revue de la parthénogénèse publiée tout récemment par Phillips (1). Je me bornerai seulement à faire remarquer que, dans tous ces exemples, les expérimentateurs n'ont pas obtenu une phase de développement plus avancée que celle de larve et que, dans la plupart des cas, la segmentation s'arrête bientôt, ou progresse irrégulièrement, ne dépassant jamais la phase de blastula ou de gastrula, ainsi qu'il a été constaté dans la prétendue parthénogénèse de quelques Vertébrés.

Mais quel que soit le développement obtenu par la voie parthénogénétique, nul doute que ce développement ne représente qu'une portion minime de l'ontogénèse tout entière de l'organisme, telle que nous l'avons définie dans les pages précédentes. Il faut donc avouer que les expérimentateurs ont exagéré la portée de leurs résultats, en interprétant comme un développement parthénogénétique complet, comparable à celui de la parthénogénèse normale, ce qui n'est en réalité qu'un commencement de développement. Les conclusions qu'ils en tirent ne sauraient être exactes que si l'organisme issu parthénogénétiquement arrivait au bout de son cycle vital: ce que jusqu'ici personne n'a encore obtenu.

---

(1) Phillips E. F. — A Review of Parthenogenesis. — Proceed. of the Amer. Philos. Soc., vol. XLII, n. 171. Philadelphia 1903, pp. 275-315. — On trouve dans ce travail une liste complète des travaux relatifs à cette question.

c) *Parthénogénèse arrhénotoque.* — Nous venons de voir que si la vraie parthénogénèse des oeufs ayant émis deux corpuscules polaires n'est pas absolument impossible, elle est du moins très peu probable. Il nous reste cependant à considérer un cas spécial où cette parthénogénèse est possible, avec des résultats tout-à-fait particuliers.

Nous avons vu au chapitre précédent que la biomolécule femelle ne peut posséder un nombre d'atomes plus grand que le triple des atomes qui constituent la biomolécule mâle. Comme nous avons jusqu'ici traité seulement des cas intermédiaires, nous devons maintenant examiner tout particulièrement ce cas extrême, où le nombre des atomes des biomolécules femelles est le triple ou à peu près de celui des biomolécules mâles, sans quoi évidemment nos considérations seraient incomplètes par rapport aux phénomènes biologiques naturels, où toutes les combinaisons sont possibles.

Supposons donc que la biomolécule femelle b soit égale à $3a$. (Il est toujours sous-entendu que nous faisons abstraction de la structure moléculaire et ne considérons que le nombre des atomes). Il s'ensuivra que dans les formules indiquant la longueur des périodes de préparation sexuelle (pag. 121), nous obtiendrons :

$$♂ \quad x + y = 3a - b = 3a - 3a = o.$$
$$♀ \quad x' + y' = 3b - a = 3\,(3a) - a = 9a - a = 8a.$$

Cela veut dire que, dans ce cas spécial, la durée de la période de préparation mâle sera nulle et que celle, au contraire, de préparation femelle sera très grande.

En d'autres termes et d'une façon plus concrète :

Soit un oeuf fécondé, contenant, par suite, les deux sortes de biomolécules. Pourra-t-il, cet oeuf, par son développement, aboutir à la production de cellules génétiques mâles, de spermatozoïdes? Pourra-t-il en somme engendrer un mâle?

Nous avons vu au chapitre III que le résultat de la préparation sexuelle mâle est la transformation des biomolécules,

de manière que, par leur addition, elles puissent produire quatre biomolécules égales aux biomolécules mâles primitives et, par suite, que la somme de leurs atomes soit le quadruple du nombre des atomes de celles-ci. Mais dans le cas que nous considérons, où les biomolécules femelles ont un nombre d'atomes qui est le triple de celui des biomolécules mâles, cette condition est atteinte dans l'oeuf même aussitôt qu'il est fécondé : ($a + b = a + 3a = 4a$).

Si donc ces biomolécules étaient, par leur structure, additionnables, elles s'additionneraient dans l'oeuf même, en produisant quatre spermatozoïdes. Mais nous avons démontré au chapitre III que cela n'est pas possible.

Or, si elles ne sont pas additionnables, les transformations caractéristiques des périodes de préparation et de maturation ne pourront plus aboutir à la formation de cellules génétiques mâles, de spermatozoïdes, c'est-à-dire que l'évolution génétique dans le sens mâle ne sera plus possible.

Nous voici donc arrivés à cette curieuse conclusion que, dans ce cas spécial, les oeufs fécondés ne peuvent engendrer des mâles, mais seulement des femelles. Voilà un exemple, peut-être le seul parmi les phénomènes biologiques, où l'on peut conclure que la nature du sexe est prédéterminée dans l'oeuf même, indépendamment des conditions du milieu.

Passons maintenant à considérer les oeufs parthénogénétiques.

Ces oeufs, ayant émis deux corpuscules polaires, ne contiendront donc que des biomolécules femelles b, les autres, les mâles, ayant disparu dans l'addition biomoléculaire. Ces oeufs pourront ils se développer ? et dans ce cas, quel sera le résultat de leur développement ?

Nous avons démontré tout à l'heure, en traitant de la fausse parthénogénèse, que le développement d'un oeuf parthénogénétique, ayant émis deux corpuscules polaires, est tout-à-fait rationnel et compréhensible si l'on s'en tient au simple développement de l'être, mais qu'il devient ainsi impossible, du

moins très peu probable si l'on envisage le bout du développement, c'est-à-dire la régénération d'un autre oeuf.

Or, si la probabilité de développement complet est très petite pour les oeufs où les biomolécules femelles n'ont pas un grand nombre d'atomes, elle est évidemment plus petite encore pour ces oeufs où les biomolécules femelles en ont le plus grand nombre possible. La régénération des biomolécules femelles, à elles seules, sans l'addition biomoléculaire, et, par suite, par la seule assimilation aux dépens des substances du milieu, présenterait dans ce cas des difficultés bien plus graves que dans les autres. Il est donc improbable et presque impossible que ces oeufs parthénogénétiques puissent suivre l'évolution génétique femelle, c'est-à-dire qu'ils puissent engendrer des femelles.

Mais il en est autrement de l'évolution génétique dans le sens mâle.

Nous savons en effet que, dans ce cas, les biomolécules femelles b sont égales par le nombre de leurs atomes au triple des biomolécules mâles a, ($b = 3a$). On comprend donc facilement que ces biomolécules ne doivent pas rencontrer des difficultés très graves pour aboutir à la régénération des biomolécules mâles. Elles n'ont qu'à s'ajoindre par l'assimilation un nombre d'atomes égal à a. ($3a + a = 4a$). Et comme a est un nombre petit, cette tâche sera encore plus facilement remplie.

Il s'ensuit donc que les oeufs se développant parthénogénétiquement et ayant émis deux corpuscules polaires ne peuvent engendrer que des mâles.

Les exemples de cette sorte spéciale de parthénogénèse, bien qu'ils ne soient pas abondants en nature, ne font pas néanmoins complètement défaut. Y appartient sans aucun doute l'intéressante parthénogénèse des Abeilles et peut-être celle aussi des espèces du genre *Nematus* et de quelques Formicides.

On sait en effet que chez *Apis mellifica*, les oeufs émettent tous deux corpuscules polaires, et que de ces oeufs, ceux qui

sont fécondés produisent toujours exclusivement des femelles (reine, et ouvrières), tandis que ceux qui ne reçoivent pas le spermatozoïde peuvent se développer parthénogénétiquement, mais ils n'engendrent jamais que des mâles.

Ce phénomène si intéressant et en même temps si étrange et jusqu'ici inexpliqué reçoit donc, par mon interprétation, une explication à la fois simple et rationnelle.

Mais l'examen de la parthénogénèse chez ces espèces nous amène nécessairement à en considérer la spermatogénèse.

Il est en effet évident que les oeufs parthénogénétiques ayant émis deux corpuscules polaires ne possèderont que la moitié du nombre normal de chromosomes, les seuls chromosomes femelles. Les cellules génétiques des mâles qui en dérivent ne possèderont donc, elles aussi, qu'un nombre de chromosomes moitié du normal. Si donc la spermatogénèse s'accomplissait de la façon normale, ce nombre se réduirait encore à la moitié, c'est-à-dire à un quart du nombre normal ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$). Et comme ce phénomène s'accomplirait à chaque génération, il est incontestable que le nombre des chromosomes dans ces espèces diminuerait à chaque génération et tendrait à devenir nul : ce qui évidemment n'est pas possible.

Mais si nous examinons attentivement notre mode d'interprétation, nous pouvons comprendre facilement comment ce nombre peut se réintégrer au normal et prévoir, à un point de vue tout-à-fait théorique, comment doivent se passer dans ce cas les phénomènes de la spermatogénèse.

Nous avons vu que les biomolécules femelles ($b = 3a$) n'ont qu'à s'adjoindre un petit nombre d'atomes (a) pour arriver à en posséder le quadruple des biomolécules mâles ($3a + a = 4a$). Lorsque l'assimilation de ces atomes sera accomplie, les biomolécules femelles se diviseront donc, par deux divisions successives, en quatre biomolécules mâles a, et cela, sans addition biomoléculaire préalable, qui ne peut naturellement avoir lieu dans ce cas, à cause de l'absence des biomolécules mâles. La

division des biomolécules sera suivie de celle des biomores, et celle-ci, de la cytodiérèse.

En examinant donc un spermatocyte de 1er ordre à l'instant de sa maturation, nous verrons: 1°) que la cytodiérèse ne sera pas précédée de la phase de synapsis; et cela, à cause de l'absence d'addition biomoléculaire; 2°) que les chromosomes seront quadrivalents, c'est-à-dire qu'aura lieu la formation des tétrades, et cela à cause des deux divisions successives; 3°) que le nombre de chromosomes sera le même que dans les autres cellules génétiques, parce que l'absence d'addition biomoléculaire n'a pas pu réduire ce nombre; 4°) que deux cytodiérèses se suivront sans être séparées de la période d'assimilation; 5°) que les quatre spermatides contiendront un nombre de chromosomes égal à celui du spermatocyte de 1er ordre et, par suite, moitié du normal.

Les phénomènes de la spermatogénèse se présenteront donc dans ce cas avec des manifestations à peu près égales à celles de la spermatogénèse normale (tétrades et deux divisions successives); mais la phase de synapsis manquera et le nombre des chromosomes ne subira pas de réduction.

Il serait maintenant très intéressant de voir si ces prévisions théoriques coïncident avec les faits réels.

Malheureusement, bien que cette question soit d'une grande importance, elle n'a été jusqu'ici que trop négligée par les Biologistes. Je ne connais en effet sur ce sujet que le travail de MEVES, publié tout récemment (1).

D'après ce savant, le noyau du spermatocyte de l'Abeille et de la Guèpe ne se diviserait qu'une seule fois. Par conséquent, le nombre des chromosomes des deux spermatides ne subirait pas de réduction et serait la moitié du normal. Mais je dois avouer que les résultats des recherches de MEVES sont si étranges que, sans avoir la moindre intention de les ré-

---

(1) MEVES F. — Ueber « Richtungskörperbildung » im Hoden von Hymenopteren, in : Anat. Anz., Bd. XXIV, 1903, pp. 29-32.

fuser *a priori*, je crois néanmoins qu'ils doivent être confirmés par d'autres Biologistes, avant d'être acceptés par la science.

D'autre part, PETRUNKEWITSCH (1) croit, d'après ses recherches, que les cellules génétiques mâles de l'Abeille dérivent du fusionnement du 2e corpuscule polaire avec la moitié du premier, de sorte que les chromosomes seraient, dans ces cellules du moins, portés au nombre normal, grâce à ce fusionnement ($^1/_2 + ^1/_2 = 1$).

Or, il est intéressant de remarquer que les résultats de ces recherches sont en contradiction très évidente ; car si les choses se passaient réellement comme PETRUNKEWITSCH le suppose, et si la spermatogénèse se faisait réellement comme MEVES la décrit, le nombre des chromosomes s'accroîtrait à chaque génération et tendrait à l'infini !

Il faut donc conclure que, ou les conclusions de PETRUNKEWITSCH, ou celles de MEVES sont erronées, d'où la nécessité de nouvelles recherches plus exactes, avant de pouvoir arriver à des résultats concordants et acceptables.

En résumé, nous pouvons conclure :

1° *Les phénomènes de métamorphose, de métagénèse et d'hétérogénèse ne sont que des degrés différents d'un même processus fondamental, de l'ontogénèse.*

2° *L'hétérogénèse ne peut être considérée comme une vraie parthénogénèse.*

3° *La vraie parthénogénèse est indissolublement liée à la reproduction, dans le sens exact de ce mot.*

4° *Si les conditions du milieu sont favorables, la parthénogénèse est possible chez certaines espèces d'organismes. Dans ce cas, l'oeuf parthénogénétique n'émet qu'un seul corpuscule polaire, et le sexe de l'être qui en dérivera n'est pas prédéterminé dans l'oeuf, mais il est dépendant des condi-*

(1) PETRUNKEWITSCH A. — Das Schicksal der Richtungskörper im Drohnenei, in : Zool. Jahrb. Abth. f. Anat. — 1902.

tions du milieu à l'instant où l'évolution sexuelle va commencer.

5° *La parthénogénèse des oeufs ayant émis deux corpuscules polaires n'est pas absolument impossible, mais très peu probable. Il ne s'agit le plus souvent que d'un commencement de développement ontogénétique, c'est-à-dire d'une fausse parthénogénèse.*

6° *Toutefois, dans ces oeufs, une vraie parthénogénèse est possible chez certains êtres. Dans ce cas, le sexe est prédéterminé dans les oeufs mêmes, ceux fécondés ne donnant que des femelles et les parthénogénétiques produisant exclusivement des mâles: ce qui s'explique facilement par notre interprétation.*

Chapitre XI.

Les caractères sexuels secondaires.

SOMMAIRE : Le sexe — Son origine — Les rapports entres les cellules génétiques et le soma — Les caractères génétiques secondaires — Les caractères sexuels secondaires — Les types neutre, mâle et femelle — Interprétation des résultats de la castration — Résumé.

Les notions que nous avons acquises aux chapitres II et IV sur la formation du corps, du soma, en rapport avec l'évolution des cellules génétiques, nous permettent maintenant d'aborder la question de l'origine des caractères sexuels secondaires et de l'envisager au point de vue de notre interprétation.

Nous savons donc que durant le développement ontogénétique, certaines cellules de l'organisme doivent forcément suivre une évolution spéciale les amenant à la régénération partielle ou totale d'une cellule égale à la cellule-germe dont l'organisme est issu, sans quoi évidemment celui-ci ne pourrait se reproduire. Ces cellules que nous avons appelées cellules génétiques ne sont pas des cellules spéciales. Elles sont en réalité des cellules qui deviendraient, comme les autres, des cellules somatiques si, à une phase donnée de leur évolution, à la phase génétique, et, par suite, à un moment donné de l'ontogénèse, le moment génétique, elles n'étaient dressées par les substances du milieu interne organique dans leur direction caractéristique.

Il ne s'agit point ici de démontrer si et pourquoi l'évolution de ces cellules se fait plutôt dans le sens mâle que dans le sens femelle.

Nous venons de voir au chapitre précédent que, dans un cas seulement, le sexe est prédéterminé dans l'oeuf. Mais il s'agit d'un cas tout spécial et très rare, où le rapport du nombre des atomes des biomolécules mâles et femelles est tel, (ainsi que l'avons démontré) que les oeufs fécondés ne peuvent engendrer que des femelles et les non fécondés que des mâles.

Dans tous les autres cas, notre interprétation ne nous permet pas de conclure que la détermination du sexe préexiste dans l'oeuf. Elle ne l'exclut pas d'une manière absolue; mais, d'après tout ce que nous avons exposé jusqu'ici, il est évident qu'elle tend plutôt à admettre que cette détermination soit dépendante des conditions du milieu à l'instant où paraissent dans l'organisme les cellules génétiques, à cette phase, la phase sexuelle, où leur évolution est possible dans l'un ou dans l'autre sens.

Faisons donc abstraction du déterminisme du sexe et revenons aux caractères sexuels secondaires.

Nous avons vu au chapitre II que, dans tout organisme, il faut distinguer deux périodes de développement: la période progénétique, qui s'écoule entre le commencement de la segmentation et le moment génétique, et la période métagénétique, qui va du moment génétique à la fin de l'ontogénèse.

Or, la période progénétique peut être plus ou moins longue, suivant les espèces, et la période métagénétique sera évidemment d'autant plus courte que la première est plus longue et vicé versa.

Dans notre conception de l'organisme comme système symbiotique, la distinction de ces deux périodes n'est pas sans importance.

Personne ne peut contester que les cellules génétiques reçoivent des cellules somatiques les substances nécessaires à leur développement. Cela est si vrai que si elles en sont séparées avant l'achèvement de leur évolution spéciale, elles périssent inévitablement, faute des substances nourrissantes qu'elles trouvaient dans le milieu interne organique où les déversaient les autres cellules somatiques.

Or, les expériences sur la castration nous démontrent qu'une réprocité parfaite n'existe pas entre les cellules génétiques et les somatiques, celles-ci pouvant vivre indépendamment des premières. Mais cela n'exclut pas que les cellules génétiques fournissent aux cellules somatiques, à quelques-unes de celles-ci du moins, des substances spéciales.

Les cellules génétiques doivent assimiler pendant leur évolution et l'assimilation, nous le savons, entraîne inévitablement la sécrétion comme conséquence directe. Elles doivent donc produire des substances qui, se déversant dans le milieu interne organique où les cellules somatiques puisent leur nourriture, peuvent influer sur le développement de celles-ci et, par suite, sur les caractères somatiques qui en sont la manifestation.

Certes, l'importance de ces substances pour la vie des cellules somatiques n'est pas absolue. Celles-ci pourraient évidemment vivre sans elles ; mais dans ce cas, leurs manifestations ne sauraient plus être les mêmes.

Il existe donc des caractères génétiques secondaires, tout comme il y a des caractères sexuels secondaires. Il existe, en d'autres termes, des caractères somatiques qui ont leur cause primitive dans les produits de sécrétion des cellules génétiques et, par suite, dans l'existence de ces cellules dans l'organisme, et qui n'existeraient pas si ces cellules faisaient défaut. Ces caractères sont donc une production de la vie de ces cellules.

Nous devons donc distinguer deux types d'organismes : 1° un type qu'on pourrait appeler agénétique, idéal et théorique, dont le soma ne posséderait que les caractères de l'individu, indépendamment des modifications produites par les cellules génétiques que nous supposons manquantes ; 2° un type que nous appellerons génétique, celui ci réel, dont le soma diffère du type agénétique par la présence de certains caractères, les caractères génétiques secondaires, qui tirent leur origine de la présence des cellules génétiques.

Bien que le type agénétique pur soit plus idéal que réel,

nous pouvons cependant trouver en nature des organismes s'en rapprochant plus ou moins. Ce seront évidemment ces êtres où la période progénétique est la plus longue possible.

On conçoit en effet facilement que, si la période progénétique est très longue, la partie progénétique du soma, se formant avant le moment génétique et, par suite, sans l'action des substances provenant des cellules génétiques, sera très grande et constituera le soma presque tout entier. Dès lors, celui-ci ne présentera pas des caractères génétiques. C'est, je crois, ce que nous pouvons constater chez la plupart des plantes, où, comme nous le savons, la différenciation des cellules somatiques en cellules génétiques se fait très tard, et lorsque le soma de la plante est presque complètement formé.

Si, au contraire, la période progénétique est courte, la période métagénétique sera d'autant plus longue et, par suite, la partie métagénétique du soma se formant sous l'action des substances sécrétées par les cellules génétiques sera, elle aussi, d'autant plus grande. Par conséquent, les caractères génétiques secondaires seront, dans ce cas, plus nombreux ou plus évidents.

C'est avec des raisonnements et des considérations analogues que doit être examinée l'origine des caractères sexuels secondaires.

Je crois qu'il est inutile d'insister sur l'absolue insuffisance de la sélection sexuelle ou naturelle pour l'explication de cette question. Ces facteurs ne sauraient, en tout cas, que donner raison de la conservation de ces caractères, jamais de leur production. Or, la sélection ne peut agir que lorsque la production a eu lieu. C'est donc à ce dernier phénomène que doivent viser nos considérations.

Nous avons vu au chapitre IV que dans l'évolution des cellules génétiques, il y a un instant, le moment sexuel, où sous l'action des conditions du milieu, les cellules génétiques commencent leur évolution dans le sens mâle ou dans le sens femelle. Nous savons encore que le moment sexuel peut coïn-

cider avec le moment génétique, ou bien en être séparé par une période plus ou moins longue, la période neutre.

Il s'ensuit que les périodes de préparation sexuelle seront plus ou moins longues chez les différents organismes, d'où la formation d'une partie métagénétique du soma plus ou moins grande sous l'action des substances sécrétées par les cellules génétiques mâles ou femelles.

Or, comme la préparation des cellules sexuelles dans le sens mâle ou dans le sens femelle est caractérisée par des transformations chimiques bien différentes les amenant à la régénération des gamètes mâles ou femelles, comme nous l'avons démontré, il est évident que les substances sécrétées par les deux sortes de cellules sexuelles pendant leur préparation seront, elles aussi, différentes. Celles-ci, se déversant dans le milieu interne organique, agiront donc sur certaines parties du soma d'une manière toute différente et produiront, par suite, dans ces parties, des modifications diverses, d'où la production des caractères sexuels secondaires du soma.

On conçoit alors comment ces caractères seront d'autant plus nombreux et plus accentués que les périodes de préparation sexuelle seront plus longues et que la différence entre l'évolution mâle et femelle sera plus forte.

Ce mode d'envisager ce phénomène nous amène forcément à la distinction de trois types différents d'organismes: 1°) le type neutre; 2°) le type mâle; 3°) le type femelle.

Le type neutre, (qui ne doit pas être confondu avec le type agénétique dont nous avons parlé tout-à-l'heure), ne pourra se produire qu'alors seulement que la période neutre est très longue, c'est-à-dire dans le cas où le moment sexuel, point de départ des différenciations caractéristiques des cellules sexuelles, est très éloigné du commencement de l'ontogénèse et, par suite, très rapproché de la fin de celle-ci. Car on comprend que, dans ce cas, les parties somatiques se seront produites et formées sans subir l'action des substances caractéristiques de la sécrétion des cellules sexuelles, bien qu'elles

aient subi l'action des substances sécrétées par les cellules génétiques pendant leur période neutre. Mais, comme cette période neutre est la même pour les deux sexes, on conçoit facilement que le soma, bien qu'étant pourvu des caractères génétiques, ne pourra néanmoins présenter des différences entre les deux sexes, c'est-à-dire qu'il sera dépourvu de caractères sexuels secondaires.

Tout comme le type agénétique, le type neutre est, lui aussi, plus idéal et théorique que réel; car dans la plupart des cas, la période neutre est très courte ou nulle. Dès lors, les substances sécrétées par les cellules sexuelles, en agissant sur les cellules du soma, en produiront des caractères différents chez les deux sexes.

Bien que, dans ce cas, le type neutre ne puisse donc exister, il faut néanmoins ne pas le négliger complètement, sans quoi certains phénomènes se rapportant à ces caractères ne pourraient être exactement interprétés.

Presque tous les Biologistes qui se sont occupés de cette question considèrent un des deux types sexuels, généralement le type femelle, comme le type normal de l'espèce et l'autre, le type mâle, comme une forme aberrante par ses caractères sexuels secondaires. Ils supposent en somme que la déviation du type normal n'a eu lieu que chez le mâle et que, par suite, la femelle est la forme normale de l'espèce. Mais c'est là une interprétation que je ne crois pas parfaitement exacte.

La femelle, aussi bien que le mâle, sous l'action des substances sécrétées par les cellules sexuelles, acquiert des caractères somatiques qui sont caractéristiques de son sexe. Elle subit donc une déviation du type normal, bien que celle-ci, dans la plupart des cas, soit moins accentuée que dans le mâle.

Mais quel que soit le degré de cette déviation, toujours est-il que ni le mâle ni la femelle ne peuvent être considérés comme des types normaux de l'espèce.

Le vrai type normal serait le type agénétique ou du moins le type neutre, s'il pouvait exister. Mais comme cette existence

est rendue impossible par la formation des deux types sexuels, il s'ensuit que, dans ce cas, bien que le type normal n'existe pas, il faut néanmoins le supposer idéalement, afin d'évaluer exactement la portée des caractères sexuels.

On sait, par exemple, que la castration a pour résultat l'apparition des caractères du sexe opposé sous une forme atténuée, d'où l'on pourrait conclure que ces caractères existaient, mais cachés, à l'état de caractères latents, dans l'individu qui a subi l'exportation des organes sexuels.

Mais cette explication ne saurait être acceptée sans l'interprétation que nous venons de donner des caractères sexuels.

Qu'est-ce que cette expression de caractères latents, dont malheureusement on abuse par trop dans la Biologie? Veut-on supposer par là que ces caractères existent vraiment, sans qu'ils puissent se manifester si la castration n'intervient pas? Est-elle nécessaire, cette supposition, pour l'explication du phénomène?

Si nous admettons, ainsi que nous venons de le démontrer, que les caractères sexuels secondaires se produisent par l'action de substances spéciales de sécrétion des cellules sexuelles sur certaines parties du soma, on comprend que, par l'élimination de ces cellules, on empêchera la sécrétion de leurs substances caractéristiques et, par suite, la formation des caractères somatiques qui en dépendent.

Dès lors, le soma ne pourra plus présenter des caractères sexuels secondaires, c'est-à-dire qu'il ne subira plus la déviation du type neutre, déviation que nous avons supposé être le résultat de l'action des cellules sexuelles sur le corps. Le soma se rapprochera donc plus ou moins du type neutre.

Or, celui-ci, par rapport aux deux types sexuels, peut être considéré comme type moyen, dont les premiers représentent les déviations à gauche et à droite.

Supposons, pour mieux concréter nos idées, que le type neutre, idéal, soit représenté par une ligne *a-b* (fig. I), c'est-à-dire que la trajectoire caractérisant l'ontogénèse d'un or-

ganisme quelconque, si celui-ci ne possédait pas de cellules sexuelles, soit *a-b*.

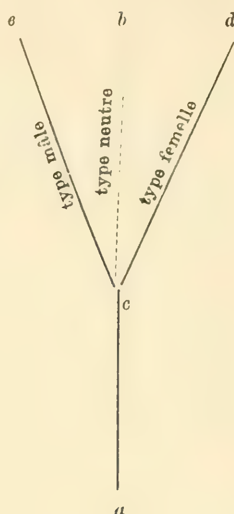


Fig. 1

Soit *c* le moment sexuel : *c-d* et *c-e* représenteront respectivement les trajectoires femelles et mâles, c'est-à-dire les déviations du type moyen neutre sous l'action des cellules sexuelles. On voit que si ces déviations n'existaient pas, les deux types sexuels se rapprocheraient l'un de l'autre et tendraient à se confondre dans le même type neutre.

C'est ce qui arrive précisément lors de la castration. C'est ce rapprochement du type moyen neutre qui nous apparaît comme manifestation des caractères sexuels du sexe opposé ; mais en réalité, le mâle, privé de ses testicules, ne présente pas plus les caractères de la femelle que celle-ci, privée de ses ovaires, ceux du mâle.

Il ne s'agit donc pas, dans ce phénomène, de l'apparition de caractères somatiques latents, mais seulement de l'absence

des caractères sexuels secondaires et, par suite, du rapprochement du type neutre, qui posséderait, s'il existait, des caractères intermédiaires entre les deux types sexuels.

En résumé, nous pouvons donc conclure :

1° *Les caractères sexuels secondaires sont des manifestations dues à l'action de substances spéciales, sécrétées par les cellules sexuelles pendant leur période de préparation et de maturation, sur certaines parties du soma.*

2° *Ces caractères doivent donc être différents chez les deux sexes. La femelle, aussi bien que le mâle, présente de ces caractères.*

3° *On doit considérer trois types de soma : 1°) le type neutre ; 2°) le type mâle ; 3°) le type femelle. Ceux-ci, réels, sont des déviations du type neutre, idéal.*

4° *La castration empêche la déviation caractéristique du sexe, d'où la manifestation apparente des caractères du sexe opposé.*

Chapitre XII.

Le rajeunissement des Infusoires.

SOMMAIRE : Interprétation de la constitution du corps des Infusoires — Parallèle entre celle-ci et celle du corps des Métazoaires — Le microcyte et les cellules sexuelles — Le macrocyte et les cellules somatiques — Le macrocytode et les différenciations somatiques — La division — La mortalité des Infusoires — La multiplication de ces êtres — Les périodes de préparation sexuelle — La longueur relative de ces périodes — Le développement monodique — La détermination du sexe — L'asynchronisme de division — La maturation des microcytes — L'addition biomoléculaire — L'échange des microcytes — La reconstitution du nouveau macrocyte — Résumé.

L'explication de l'intéressant phénomène du rajeunissement des Infusoires n'exige pas des hypothèses spéciales. C'est donc sur les simples principes fondamentaux de notre interprétation de la fécondation chez les êtres pluricellulaires que nous allons tenter, dans ce chapitre, d'en faire un exposé qui, je l'espère, sera d'autant plus exact et scientifique qu'il est simple et rationnel.

Mais avant d'aborder cette explication, il faut que nous modifiions quelque peu la conception que la plupart des Biologistes ont aujourd'hui encore sur la constitution du corps de ces Protozoaires. Sans cela, nous tenterions en vain d'arriver à une interprétation exacte des différents faits se rattachant à la vie de ces êtres.

Le corps des Infusoires est constitué des parties suivantes:

1°) du microcyte avec son noyau, le micronucléus;

2°) du macrocyte avec son noyau, le macronucléus;

3°) du macrocytode.

Le microcyte est l'ensemble du micronucléus et de cette substance hyaline appelée par Maupas hyatoplasma, qui en-

toure toujours le micronucléus, qui l'accompagne dans ses transformations et qui concourt à la formation du fuseau achromatique pendant sa division, tout comme le cytoplasma le fait dans les autres cellules. Le microcyte doit donc être considéré comme une véritable cellule, dont le micronucléus est le noyau.

Le macrocyte est l'ensemble du macronucléus et de cette substance hyaline, plus ou moins abondante et visible, qui entoure le macronucléus. Il doit donc être considéré comme constitué d'une cellule au moins. Le macrocyte est donc une autre cellule contenue dans le corps de l'Infusoire.

Le macrocytode est l'ensemble de toutes les autres parties de l'Infusoire en dehors du microcyte et du macrocyte, à savoir la membrane, la bouche, les vésicules pulsatives, les vacuoles alimentaires, les cils vibratils etc.

Voyons maintenant quels rapports existent entre ces différentes parties.

Nous savons par les recherches de Butschli, de Maupas et d'autres Biologistes que, après la conjugaison, l'ancien macronucléus ayant disparu, un nouveau macronucléus se reforme aux dépens d'un ou de plusieurs microcytes dérivés de la division du microcyte conjugué. Nous pouvons donc dire que le macrocyte dérive du microcyte, tout comme les cellules somatiques des Métazoaires dérivent des cellules génétiques.

On sait d'autre part, bien qu'à ce sujet les expériences ne soient pas absolument décisives, que lorsque un Infusoire est contraint de s'enkyster, le macrocytode, sans aucun doute, et très probablement le macrocyte aussi dégénèrent et disparaissent. Il ne reste donc dans le kyste que le microcyte. Or, celui-ci se présentant généralement sous la forme d'un très petit corpuscule appelé spore, à cause de sa ressemblance avec les spores des végétaux, est capable, si les conditions du milieu sont favorables, d'assimiler, de s'accroitre, et de donner lieu, peu à peu, à la formation d'un Infusoire nouveau avec toutes les parties caractéristiques de son corps.

Cette spore n'est-elle donc pas un germe parfaitement comparable à l'oeuf des Métazoaires? N'est-elle pas la plus petite particule apte à produire l'organisme tout entier, absolument comme l'oeuf est la plus petite particule des Métazoaires, apte à produire le corps de ces animaux?

A ce point de vue encore, nous pouvons donc conclure que le microcyte est parfaitement analogue aux cellules sexuelles des êtres pluricellulaires. Cette analogie est d'ailleurs confirmée, comme nous le savons, par les phénomènes mêmes du rajeunissement dont ils sont le siège.

Il s'ensuit, comme conclusion réciproque, que le macrocyte, dérivant du microcyte, doit être considéré comme analogue aux cellules somatiques des Métazoaires.

Quant au macrocytode, son analogie peut être établie facilement, si nous le comparons aux cellules somatiques des êtres pluricellulaires et à leurs différenciations histologiques.

Nous savons que les cellules du soma dérivent toutes de la cellule-oeuf primitive. Nous avons vu, dans la II[e] Partie de ce travail, que les différenciations histologiques des cellules sont dues, en dernière analyse, à la sécrétion, de la part du bioplasma des cellules somatiques, de substances spéciales ayant des propriétés physiques, chimiques ou physiologiques caractérisant leur différenciation. Il s'ensuit que, dans le soma des Métazoaires, il faut distinguer, comme nous l'avons déjà fait remarquer au chapitre VIII, deux parties: les cellules somatiques et les caractères somatiques.

Ces derniers ne doivent donc pas être confondus avec les premières; car ils ne sont pas des transformations du bioplasma, mais ses productions. Les caractères somatiques et les substances qui les forment coexistent en effet avec le bioplasma des cellules qui les ont produits, ce qui ne serait pas possible s'il s'agissait d'une vraie transformation du bioplasma, celui-ci devant nécessairement disparaître à l'achèvement de toute différenciation histologique. Or, nous savons que les recherches histologiques les plus récentes ont démontré que cette dis-

partition n'a pas lieu, et que par conséquent, dans la différenciation histologique, il ne s'agit pas d'une vraie transformation du bioplasma, mais seulement d'une sécrétion de la part de celui-ci.

Chez les Infusoires, des rapports analogues d'origine existent entre le macrocyte et ce que nous avons appelé le macrocytode.

La bouche, la membrane, les différentes parties de leur plasma, l'endoplasma, l'ectoplasma, les cils vibratils, etc. toutes les parties fonctionnantes en somme, qui constituent les caractères somatiques de ces animaux, ne sont pas formées, elles mêmes, de bioplasma, mais ne sont que des productions, des sécrétions du bioplasma, formant le macrocyte.

Tous les Biologistes qui se sont occupés de l'étude de la conjugaison chez les Infusoires, ont pu constater plus ou moins exactement que certaines parties du corps de ces animaux, du macrocytode, dégénèrent et disparaissent pendant la conjugaison, pour se reformer à nouveau après la formation d'un autre macrocyte. Il s'agit donc d'un phénomène de renouvellement peut-être plus complet et plus général qu'on ne le croit aujourd'hui.

Mais ce renouvellement ne se fait qu'après la production d'un nouveau macrocyte, ce qui démontre que celui-ci est la base de la formation des parties nouvelles, qu'il en est en somme le producteur.

Le macrocytode est donc par rapport au macrocyte ce que les caractères somatiques sont par rapport aux cellules somatiques.

Mais s'il en est ainsi, il s'ensuit que les particules formant le macrocytode ne peuvent se diviser; car elles ne sont pas formées de bioplasma, et, par suite, capables d'assimiler. Comment donc peut-on expliquer la division des Infusoires?

C'est sur ce phénomène aussi que je dois rappeler l'attention des Biologistes.

On dit généralement que les Infusoires se divisent. Cela

est exact pour le microcyte et le macrocyte; mais peut-on en affirmer autant pour le macrocytode? Est-ce que la bouche, les vésicules pulsatiles, les cils vibratils, les vacuoles alimentaires etc. se divisent, eux aussi, lors de la division du macrocyte et du microcyte?

Il suffit d'examiner les phénomènes qui se passent pendant cette prétendue division, pour se convaincre qu'il n'en est pas ainsi. Les différentes parties du macrocytode ne se divisent pas du tout. Il se forme, au contraire, une autre bouche, d'autres vésicules, d'autres cils, d'autres vacuoles, etc. Il ne s'agit pas, en somme, d'une division du macrocytode primitif, mais de la formation graduelle d'un autre macrocytode, ce qui est bien différent, et parfaitement explicable par notre interprétation.

Envisagée à ce point de vue, la structure du corps des Infusoires devient exactement comparable à celle du corps des Métazoaires, et les rapports physiologiques des différentes parties offrent une analogie parfaite.

Le microcyte représente les cellules sexuelles et, tout comme celles-ci, il est renfermé dans le soma, qui constitue le milieu interne organique, d'où il puise les substances nécessaires pour son évolution caractéristique.

Le macrocyte représente les cellules somatiques; et, de même que celles-ci, en produisant des substances spéciales avec des propriétés physiques, chimiques ou physiologiques caractérisant leur différenciation histologique, forment l'organisme et tirent des substances mêmes qu'elles ont produites et de leurs fonctions les moyens indispensables à la vie de l'être, de même le macrocyte, après avoir produit le macrocytode, jouit des fonctions des organites de celui-ci pour entretenir la vie de l'Infusoire.

Il s'établit, en somme, dans le corps de ces Protozoaires un système symbiotique parfaitement analogue à celui même qui régit la vie des Métazoaires, et qui constitue le caractère saillant de tout être organisé.

On conçoit donc facilement comment la vie de l'Infusoire est possible, alors même qu'il est dépourvu de son microcyte, ainsi que Maupas l'a constaté (1); tout comme les Métazoaires peuvent vivre sans la présence dans leur corps des cellules sexuelles. Mais il est aussi évident que l'Infusoire dépourvu de microcyte, bien qu'il puisse encore se diviser, ne pourra néanmoins se reproduire dans le sens vrai de ce mot.

On conçoit encore pourquoi le renouvellement du macrocytode exige la formation préalable d'un nouveau macrocyte, et pourquoi, lors de la fragmentation d'un Infusoire, la partie contenant le macrocyte peut régénérer la portion manquante, tandis que l'autre, dépourvue du macrocyte, ne peut la régénérer, faute de la condition essentielle pour ce phénomène, la présence du macrocyte. C'est ce que d'ailleurs ont démontré les expériences de mérotomie.

Il s'ensuit encore, comme conséquence naturelle de notre interprétation, que le macrocyte et le macrocytode des Infusoires ne sont pas moins mortels que le soma des Métazoaires. L'absence de cadavre n'est pas une raison suffisante pour nier la mortalité de ces êtres. La dégénération et la disparition du macrocyte est un fait indiscutable.

Le macrocytode, lui aussi, dégénère et disparaît, partiellement au moins, parfois totalement, comme on peut le constater chez les Vorticelliens. Il y a donc dégénération et disparition du soma primitif, tout comme chez les Métazoaires.

Seulement, comme, chez les Infusoires, le microcyte n'abandonne pas le soma, la formation du soma nouveau se fait peu à peu dans le soma ancien et, je dirais même, aux dépens de celui-ci. On sait, en effet, que l'ancien macrocyte dégénéré est, en quelque sorte, absorbé par le nouveau, ou que du moins, la substance qui le formait concourt, peut-être, par ses transfor-

(1) Maupas E. — *Recherches expérimentales sur la Multiplication des Infusoires ciliés*, in: Arch. de Zool. expérim. IIe série, Tom. VI, 1888, p. 259.

mations chimiques à la nutrition des microcytes destinés à se transformer en macrocyte.

Il s'agit en somme de la résorption, de la part de l'individu nouveau, d'une partie plus ou moins grande du soma du progéniteur, ce qui amène naturellement l'absence d'un vrai cadavre, la plus grande partie de la matière qui devrait former celui-ci ayant été absorbée.

L'analogie entre les parties du corps des Infusoires et celles des Métazoaires ne pourrait donc être plus parfaite. Nous allons voir maintenant qu'un parallélisme aussi parfait peut s'établir entre l'évolution cyclique des premiers et l'évolution des cellules génétiques des êtres pluricellulaires.

Considérons donc un Infusoire quelconque à l'instant où celui-ci vient de reformer son macrocyte et son macrocytode, immédiatement après la conjugaison.

Le microcyte de cet Infusoire sera donc constitué de biomolécules, (et, par suite, son micronucléus de chromatine) provenant moitié du microcyte du progéniteur, moitié du microcyte de l'individu avec lequel le progéniteur s'est conjugué. Il contiendra donc des biomolécules mâles et femelles, tout comme les contient l'oeuf fécondé.

Il s'ensuit que pour arriver à régénérer, partiellement au moins, ces biomolécules, pour atteindre en somme cette phase où les biomolécules deviennent additionnables, le microcyte devra suivre une évolution spéciale parfaitement comparable à l'évolution génétique et sexuelle des Métazoaires. Or, de même que, dans ces derniers, cette évolution s'accomplit par des transformations chimiques successives, constituant par leur ensemble les périodes de préparation et de maturation, dont les différentes phases sont séparées par autant de cytodiérèses, de même aussi, l'évolution du microcyte chez les Infusoires s'accomplira par des phases successives, constituant par leur ensemble les périodes de préparation et de maturation du microcyte.

Que ces divisions du microcyte s'accomplissent réellement,

c'est ce que nous pouvons facilement constater chez les Infusoires, où la division de leur corps est accompagnée de celle du microcyte. Mais tandis que chez les Métazoaires les cytodiérèses des cellules génétiques ne sont pas accompagnées de la division du corps de l'organisme qui les renferme, chez les Infusoires, cette division ayant lieu, il se forme évidemment autant d'individus qu'il y a de microcytes.

La période de préparation du microcyte est donc en même temps la période de multiplication effective de l'être. C'est ce que d'ailleurs nous avons établi aussi pour les Métazoaires, à cette différence près que, dans ceux-ci, la multiplication, bien qu'elle ait lieu pendant la période de préparation des cellules génétiques, n'est pas effective, mais seulement potentielle.

Elle est seulement potentielle en tant que, durant toute la période de préparation, et, par suite, de multiplication des cellules génétiques, l'individu métazoaire est et reste toujours unique. La multiplication des êtres ne se fait qu'à l'époque de la reproduction; mais elle est due à la multiplicité des germes dérivant d'un individu seul, et cette multiplicité est l'effet direct de la période de préparation.

Le résultat final de la période de préparation est donc le même aussi bien chez les Métazoaires que chez les Infusoires. La seule différence en est que, chez les premiers, les deux phénomènes de la multiplication des cellules génétiques et de la multiplication des individus ont lieu en des temps différents, tandis que, chez les Infusoires, elles sont contemporaines.

L'analogie entre le microcyte et les cellules génétiques étant complète à ce point de vue aussi, il s'ensuit que nous devons distinguer dans l'évolution du microcyte: une période progénétique, un moment et une phase génétiques, une période neutre, une phase et un moment sexuels, une période de préparation sexuelle mâle ou femelle, une période de maturation sexuelle mâle ou femelle.

La période progénétique est constituée par les premières

phases de la période de préparation, lorsque les biomolécules du microcyte n'ont pas encore atteint cette structure caractéristique qui doit les amener à la régénération des biomolécules primitives. Cette période peut être plus ou moins longue suivant les espèces. Elle peut même manquer. Dans ce cas, l'évolution du microcyte dans le sens génétique commence dès la première division, et le moment et la phase génétiques coïncident avec celle-ci.

La période neutre comprenant ces phases où, bien que les biomolécules aient commencé leur évolution dans le sens génétique, elles ne sont pas encore dressées dans le sens mâle ou femelle, peut être, elle aussi, plus ou moins longue ou même manquer tout-à-fait. Dans ce cas, la phase et le moment sexuels coïncideront avec la phase et le moment génétiques.

Quant aux périodes sexuelles mâles et femelles, nous n'avons qu'à répéter ici les mêmes conclusions auxquelles nous sommes arrivés pour les Métazoaires aux chapitres précédents.

La longueur de ces périodes sera différente chez les différentes espèces; et pour une même espèce, la période mâle ne pourra être de longueur égale à la période femelle. Et comme la phase finale de maturation ne peut être atteinte que par une série déterminée de transformations chimiques; comme, d'autre part, les phases de ces transformations sont marquées par autant de divisions du microcyte, il s'ensuit que la longueur des périodes de préparation sexuelle sera déterminée par le nombre de ces divisions.

D'autre part, comme chaque division est évidemment précédée d'une période d'assimilation, sans quoi le dédoublement des biomolécules et des biomores et, par suite, la cytodiérèse ne serait pas possible, on comprend facilement que chaque période assimilatrice aura une durée déterminée; et puisque l'assimilation est un phénomène chimique, la température aura sans aucun doute, dans certaines limites au moins, une influence importante sur cette durée.

Ces conclusions théoriques nous donnent une explication

simple et rationnelle des faits réels constatés par les Biologistes qui se sont occupés de ce sujet.

On sait en effet que la maturité sexuelle, dite généralement maturité karyogamique, ne se présente chez les Infusoires qu'après un certain nombre de divisions caractéristiques pour chaque éspèce. On sait encore que la fréquence de ces divisions dépend, en partie au moins, de la température du milieu.

Mais les expériences futures sur cet intéressant phénomène devront être plus rigoureuses et tenir compte de certains facteurs, négligés jusqu'ici, dont la grande importance ressort du mode même de notre interprétation.

Il faut avant tout se demander quel mode de développement biomoléculaire suivent les Infusoires dans leurs divisions.

Ce mode ne peut être l'autogénétique : car dans ce cas, les deux individus résultant de la division devraient être parfaitement identiques à l'individu qui s'est divisé. Il s'agirait là d'une véritable reproduction. Dès lors, on ne saurait comprendre la nécessité de la conjugaison.

D'autre part, si ce mode était l'homogénétique, tous les individus naissant des divisions et appartenant au même degré de génération devraient être identiques. La maturité sexuelle ou karyogamique devrait donc être atteinte par tous les individus au même instant, ce qui n'arrive pas. Nous savons, en effet, que les individus provenant d'un seul progéniteur arrivent peu à peu à leur maturité sexuelle.

Or, si nous excluons ces deux modes de développement biomoléculaire, il ne nous reste à considérer que le développement hétérogénétique. Il s'agit d'examiner dans ce cas si ce développement sera le monodique ou le polyodique (1).

S'il était polyodique, un seul des individus provenant des divisions pourrait arriver à la maturité sexuelle. Mais comme nous savons qu'à cette phase arrivent tous les individus, il

---

(1) Voir à ce propos la IIe partie de ce travail.

faut écarter nécessairement ce mode de développement et nous en tenir au monodique, le seul qui puisse nous expliquer dans toutes leurs particularités les phénomènes qui nous intéressent.

Dans la IIe partie de ce travail, j'ai fait ressortir tous les avantages que le développement monodique peut présenter pour l'explication des phénomènes caractérisant l'ontogénèse des Métazoaires. Je me bornerai donc dans ce chapitre à démontrer les avantages que ce mode de développement peut présenter pour l'explication des phénomènes se rattachant a l'évolution cyclique des Infusoires.

Si nous supposons que la phase de maturité sexuelle caractéristique d'une espèce déterminée d'Infusoires soit *p* et que les phases de préparation par lesquelles celui-ci doit passer pour arriver à *p* soient *a*, *b*, *c*, *d* . . . etc. l'individu ex-conjugué, et, par suite, à la phase *a*, produira, en se divisant, deux individus, dont l'un à la phase *b* et l'autre à la phase *c*. L'individu *c* à son tour, en se divisant d'après le développement monodique, donnera lieu à deux individus *d*, *e*, et l'autre individu *b* se divisera en *c*, *d*. Chaque individu en somme, se divisant, donnera lieu, suivant le développement monodique, à deux autres individus représentant deux des phases de préparation immédiatement successives.

Mais en appliquant aux Infusoires ce mode de développement, nous ne devons pas oublier que les phases de maturité sexuelles sont deux: l'une mâle et l'autre femelle. Or, comme nous avons démontré au chapitre IX que les longueurs des périodes de préparation sexuelle ne peuvent être égales dans la même espèce, il s'ensuivra que si nous supposons, par exemple, que la phase *p* représente la phase de maturité sexuelle mâle, celle de maturité sexuelle femelle sera plus ou moins éloignée de la phase initiale *a*. Nous pouvons, par exemple, la représenter par *z*. D'où il suit que la longueur de ces deux périodes sera déterminée par le nombre des phases intermédiaires entre la phase de maturité sexuelle et la phase

sexuelle, où, comme nous le savons, commence la préparation sexuelle.

Or, cette phase sexuelle peut coïncider ou non avec la phase initiale du développement *a*. C'est sur les conséquences dérivant de cette coïncidence que nous devons arrêter quelque peu notre attention.

Supposons avant tout que cette coïncidence n'existe pas, et que la phase sexuelle soit, par exemple, *g*. Il s'ensuivra que les phases intermédiaires entre *a* et *g* seront communes aux préparations sexuelles des deux sexes, et que la séparation des deux sortes différentes de préparations ne commencera qu'à cette phase.

A ce point, la question du déterminisme du sexe se présente telle que nous l'avons déjà envisagée chez les êtres pluricellulaires. Pourquoi les Infusoires suivront-ils une préparation sexuelle dans le sens mâle plutôt que dans le sens femelle et vice versa? Quels seront les facteurs déterminants du sexe?

Nous n'avons pas de raisons pour admettre que ces facteurs existent dans le microcyte même, que le sexe, en somme, soit prédéterminé dans le microcyte. Il faut donc supposer que la détermination du sexe est provoquée par les agents du milieu organique.

Le microcyte, nous le savons, vit dans le macrocytode. Il se nourrit aux dépens des substances fournies par celui-ci, tout comme les cellules génétiques des Métazoaires vivent aux dépens des substances fournies par le soma. Le macrocytode constitue donc le milieu interne organique de l'Infusoire. C'est donc dans celui-ci qu'il faut rechercher les conditions physico-chimiques déterminant le sexe.

Certes, ce milieu interne organique ne peut être absolument indépendant du milieu externe. Il faut donc admettre que ce dernier joue, lui aussi, un rôle de quelque importance dans ce phénomène, sinon directement, du moins indirectement, c'est-à-dire en agissant sur les fonctions du macrocyte, en modifiant de telle sorte les conditions du milieu interne organique

que le microcyte, en arrivant à la phase sexuelle, est forcé, sous l'action de ces conditions, à suivre une direction déterminée dans son évolution sexuelle.

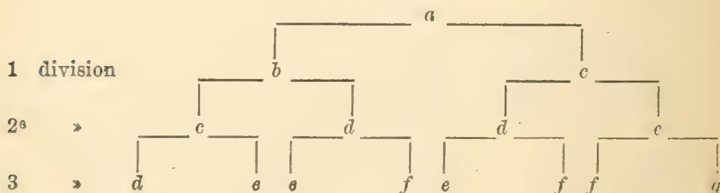
Quoi qu'il en soit, supposons donc qu'à la phase sexuelle *g*, les conditions physico-chimiques du milieu interne organique déterminent l'évolution sexuelle dans le sens mâle. Il s'ensuivra évidemment que le premier infusoire qui arrivera à cette phase, sous l'action de ces conditions, commencera sa période de préparation sexuelle mâle, et en passant successivement par les phases intermédiaires entre *g* et *p'*, arrivera à la phase finale de maturité sexuelle *p'*.

Or, si les autres individus provenant du progéniteur unique *a* arrivaient tous en même temps à la phase *g*, on comprend facilement que les conditions physico-chimiques du milieu étant les mêmes, tous ces individus suivraient la même évolution mâle. Dans ce cas donc, les individus issus d'un seul progéniteur seraient tous du même sexe.

Mais peuvent-ils, ces individus, arriver tous simultanément à cette phase?

Cela ne serait possible que si le développement était homogénétique; mais celui-ci étant monodique, cette simultanéité devient impossible.

Quand même on voudrait supposer que les individus-frères dérivés de la division d'un individu préexistant se divisassent en même temps, cette simultanéité ne saurait être atteinte, et cela à cause du seul développement monodique. On obtiendrait en effet:



où l'on voit que dès la 3e division, la phase *g* est atteinte par un individu, tandis que les autres n'y sont pas encore arrivés.

Nous avons démontré, dans la IIe partie de ce travail, qu'une conséquence inévitable du développement hétérogénétique est l'asynchronisme de segmentation. Il est en effet évident que si les deux individus issus de la division d'un individu préexistant ne sont pas identiques entre eux, à parité des conditions du milieu, ils ne pourront, à leur tour, se diviser dans le même instant précis; car la division doit être précédée de la période d'assimilation, et la longueur de celle-ci sera strictement dépendante de la nature des réactions assimilatrices, et, par suite, de la constitution bioplasmatique de l'Infusoire.

Que deux Infusoires frères ne se divisent pas en même temps, et cela indépendamment des conditions du milieu, c'est ce que plusieurs Biologistes, et tout récemment CALKINS (1), ont constaté dans l'étude de ces animaux. Ce phénomène, inexpliqué jusqu'ici, trouve donc son explication naturelle dans le développement monodique.

Cet asynchronisme de division correspond exactement à l'asynchronisme de segmentation, dont nous avons fait remarquer toute l'importance pour l'ontogénèse dans la IIe partie de cet ouvrage. Il peut être, comme nous l'avons vu, accéléré ou ralenti, selon que les périodes d'assimilation deviennent graduellement plus courtes ou plus longues à mesure que l'évolution progresse.

Or, si nous supposons que cet asynchronisme soit accéléré, l'effet ci-dessus mentionné, dû au simple développement monodique, deviendra, par ce fait même, encore plus accentué; car le laps de temps qui s'écoulera entre l'instant où arrive à la phase sexuelle le premier individu et l'instant où y arrive le dernier, sera encore plus long.

---

(1) CALKINS N. — *Studies on the Life-History of Protozoa* in: Arch. f. Entwickelungsmech. Bd. XV, 1903, p. 142.

Or, si nous admettons que la détermination du sexe soit provoquée directement par le milieu interne organique, mais indirectement par le milieu externe, on conçoit aisément comment les conditions de ce milieu, aux différents instants où les Infusoires arrivent à la phase sexuelle *g*, pourront bien n'être pas parfaitement identiques. Dès lors, rien de plus naturel que ce changement de conditions puisse influer sur la détermination du sexe des individus arrivant successivement à la phase sexuelle, en provoquant, par exemple, leur évolution dans le sens femelle, tandis que les conditions précédentes avaient provoqué l'évolution dans le sens mâle des individus arrivés précédemment à la même phase.

Il s'ensuivra donc que, dans ce cas, les individus provenant du même progéniteur pourront être ou bien tous du même sexe, ou bien de sexe différent.

Supposons maintenant que la phase sexuelle coïncide avec la phase initiale *a*. Cela veut dire que dans ce cas, les transformations chimiques des biomolécules caractérisant leur évolution dans une des deux directions sexuelles, commence dès la première division. La nature du sexe des individus naissant de cette division dépendra, dans ce cas encore, des conditions du milieu interne et, indirectement, du milieu externe. Mais quelle que soit la nature du sexe de ces individus, il est clair qu'elle ne pourra être que la même pour tous les individus issus du même progéniteur.

Nous pouvons donc conclure que si la phase sexuelle coïncide avec la phase initiale du développement cyclique des Infusoires, les individus naissant du même progéniteur doivent être tous du même sexe, tandis que si cette coïncidence n'existe pas, les individus issus du même progéniteur peuvent être ou bien du même sexe ou bien de sexe différent.

Et si nous voulons représenter graphiquement ces conclusions, nous pouvons le faire par les schémas suivants :

1° $\begin{cases} a \ldots b' - c' \ldots d' \ldots e' \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots z' ♂ \\ a \ldots b^{\circ} \ldots c^{\circ} \ldots d^{\circ} \ldots e^{\circ} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots z^{\circ} ♀ \end{cases}$

2° $a \ldots b \ldots c \ldots d \ldots e \ldots f \ldots g$ $\begin{cases} h' \ldots i' \ldots\ldots\ldots\ldots z' ♂ \\ h^{\circ} \ldots i^{\circ} \ldots\ldots\ldots\ldots z^{\circ} ♀ \end{cases}$

où b', c', d' .... indiquent les phases de préparation mâle, $b^{\circ}, c^{\circ}, d^{\circ}$ ..... celles de préparation femelle, a, b, c, d ..... les phases communes aux deux sortes de préparation.

Certes, ces conclusions théoriques ne pourront pas toujours être confirmées expérimentalement, faute de moyens actuels d'investigation; mais on ne saurait en tout cas les négliger complètement sans courir le risque d'arriver, dans les recherches expérimentales, à des résultats apparemment inexplicables ou discordants.

Comme conséquence naturelle de notre interprétation, il résulte aussi que les individus des deux sexes dérivant d'un seul progéniteur ou de deux progéniteurs contemporains, ne pourront arriver en même temps à la phase de maturité sexuelle. Car, comme nous le savons, les deux périodes de préparation ne peuvent être de la même longueur; et si l'on suppose, par exemple, comme nous l'avons fait, que la période de préparation femelle soit la plus longue, les individus mâles arriveront à leur maturité sexuelle avant les individus femelles.

Sur la base de ces considérations et des déductions qui en découlent tout naturellement et logiquement, passons maintenant à leur application à des faits concrets.

Supposons, par exemple, qu'on veuille déterminer l'époque de la maturité de conjugaison d'une espèce quelconque d'Infusoires en comptant, comme on le fait généralement, le nombre de leurs divisions. Si l'on ne tient pas compte des deux sortes de préparation sexuelle, les résultats obtenus pourront bien ne pas s'accorder; car il est évident que cette maturité de conjugaison sera atteinte par les individus mâles après un certain nombre de divisions, tandis que les individus femelles

n'y arriveront qu'après un nombre de divisions bien différent et plus grand.

C'est précisément, je crois, parce que les Biologistes qui se sont jusqu'ici occupés de ce sujet ont négligé ces particularités du développement, que les résultats de leurs recherches ne sont pas parfaitement concordants.

Il en est de même de la question relative à la conjugaison entre les individus dérivés du même progéniteur.

S'il s'agit, par exemple, d'une espèce d'Infusoire où la phase sexuelle coïncide avec la phase initiale, ou bien d'une espèce où, cette coïncidence n'existant pas, les conditions du milieu influant sur la détermination du sexe sont toujours les mêmes, on comprend aisément que les individus issus du même progéniteur seront tous du même sexe. Dès lors, la fécondation ne sera pas possible entre eux.

Mais cette conclusion ne peut être étendue aux autres espèces, elle ne peut être généralisée; car elle pourrait être bien différente s'il s'agissait d'une autre espèce.

Ces considérations relatives aux périodes de préparation sexuelle étant posées, examinons maintenant les phénomènes de maturation.

Supposons donc qu'un Infusoire soit arrivé à la phase de maturation. Nous n'avons qu'à appliquer à son microcyte tout ce que nous avons dit des cellules génétiques des Métazoaires.

Si cet Infusoire a suivi la préparation sexuelle dans le sens mâle, à la fin de la phase de maturation, ses biomolécules seront devenues additionnables. Elles s'additionneront donc et se diviseront deux fois successivement en quatre biomolécules mâles, égales aux biomolécules primitives de la phase initiale α. Les biomolécules femelles auront donc disparu, à la suite de l'addition. Nous constaterons donc dans le microcyte les mêmes phénomènes : synapsis, formation de tétrades, deux cytodiérèses successives etc., tout comme dans les cellules sexuelles des Métazoaires.

Il en sera de même si l'Infusoire a suivi la préparation

femelle. Dans ce cas évidemment, les deux divisions du microcyte donneront lieu à quatre microcytes contenant seulement des biomolécules femelles égales aux biomolécules primitives de la phase initiale *a*, et ce seront les biomolécules mâles qui auront disparu.

Les connaissances que nous possédons aujourd'hui sur cet intéressant phénomène, particulièrement après les recherches de MAUPAS (1), concordent parfaitement avec les résultats dérivant de notre interprétation. L'accroissement du microcyte précédant sa division est la conséquence de l'assimilation de la phase de maturation: sa contraction est l'effet de l'addition biomoléculaire. On ne sait pas encore s'il y a formation de tétrades et réduction dans le nombre des chromosomes, mais cela est très probable.

On conçoit donc que si nous considérons deux individus de la même espèce, dont l'un a subi la préparation et maturation femelle dans son microcyte, et l'autre la préparation et maturation mâle, ces deux individus ne seront plus complets par rapport à la constitution de leurs microcytes; mais ils seront complémentaires l'un de l'autre, dans ce sens que chaque microcyte d'un individu possède ce qui manque au microcyte de l'autre. D'où cette conclusion naturelle que la fusion de ces microcytes est nécessaire pour en constituer un égal au microcyte de la phase initiale *a*.

Or, c'est précisément cette reconstitution du microcyte qui a lieu dans la conjugaison et qui est le phénomène le plus important, parfaitement comparable à la fécondation des Métazoaires.

Après les deux divisions successives, chaque Infusoire contient donc quatre microcytes complémentaires, dont l'union produirait quatre microcytes complets.

---

(1) MAUPAS E. — *Le rajeunissement karyogamique chez les Ciliés*, in: Arch. de Zool. expérim. — IIe série, T. VII, 1889, p. 149-517.

Il s'agit maintenant d'examiner les modalités possibles de cette union et de juger des conséquences qui en dériveraient.

Les quatre microcytes mâles, par exemple, pourraient passer dans le corps de l'autre Infusoire et s'y unir avec les microcytes femelles. Dans ce cas, l'infusoire mâle dépourvu de tous ses microcytes périrait sans aucun doute, mais il se formerait quatre individus aux dépens du corps de la femelle seule.

Ou bien chacun des quatre microcytes pourrait se diviser, en donnant lieu à huit microcytes dans chaque Infusoire, dont quatre passeraient d'un individu à l'autre. Dans ce cas, chacun des deux Infusoires possèderait quatre microcytes mâles et quatre femelles, dont l'union pourrait former quatre microcytes complets, et, en tout, huit microcytes complets. Aucun des deux Infusoires ne périrait, mais le développement des huits individus devrait se faire aux dépens du corps des conjugués.

Ou bien encore les microcytes peuvent disparaître partiellement, en donnant lieu à des résultats plus ou moins divers, mais sans que le phénomène fondamental en subisse une altération substantielle.

Toutes ces modalités sont théoriquement possibles, et il n'est pas improbable qu'elles se trouvent réalisées en nature. Nous ne connaissons maintenant que trop peu des phénomènes de reproduction des êtres inférieurs, pour que l'on puisse exclure leur réalisation dans quelques-uns des nombreux phénomènes jusqu'ici inconnus.

Chez la plupart des Infusoires où la conjugaison a été étudiée dans ses manifestations intimes, il semble qu'il s'agit de la disparition partielle des microcytes et de la division du microcyte restant en deux autres, dont l'un passe dans l'autre Infusoire, pour s'unir au microcyte resté en place.

La disparition de trois des microcytes dérivés des deux divisions successives est un phénomène qui ne nous intéresse pas dans cette question. Nous pouvons cependant en donner une explication si nous considérons que ces microcytes oc-

cupent dans le corps de l'Infusoire une place différente. Des quatre microcytes en effet, un seul conserve dans le macrocytode la place qu'il avait avant la division ; les autres se trouvent portés, à la suite des phénomènes de division, dans des endroits plus ou moins éloignés de la place primitive.

Or c'est à ce déplacement que l'on doit, selon moi, la disparition de ces microcytes.

Le macrocytode des Infusoires présente, comme les recherches l'ont démontré incontestablement, des différenciations comparables à celles du soma des Métazoaires. Il y a, dans lui aussi, localisation des cils, des vésicules pulsatiles, des vacuoles alimentaires etc. de toutes les parties, en somme, qui le caractérisent. Rien donc de plus naturel que, dans le macrocytode, le microcyte possède, lui aussi, une place déterminée, tout comme l'ont les cellules sexuelles dans le soma des Métazoaires.

Or, s'il en est ainsi, on conçoit aisément que si des microcytes, pendant leurs divisions, sont portés dans des endroits du macrocytode, qui, bien que peu éloignés de la place destinée au microcyte, possèdent néanmoins des fonctions physiologiques différentes, ces microcytes ne pourront plus vivre et seront, par suite, forcément entraînés vers la dégénération.

Quoi qu'il en soit, il est sûr que les deux Infusoires qui ont échangé leurs microcytes se trouveront en condition de posséder un microcyte égal au microcyte de leur progéniteur primitif à la phase initiale a. Car l'Infusoire femelle aura reçu de son conjugué le microcyte contenant les biomolécules mâles et viceversa. On conçoit donc que les deux sortes de microcytes, se trouvant par ce fait dans le même Infusoire, pourront s'unir et reconstituer un microcyte complet égal au microcyte primitif. C'est dans cette union que consiste la vraie fécondation, parfaitement comparable à l'union du spermatozoïde à l'ovule chez les êtres pluricellulaires.

Or, nous savons que le macrocyte dérive du microcyte, à la suite de sa division après la conjugaison, et de transfor-

mations spéciales que un ou quelques-uns des microcytes dérivés de cette division subissent. Il est donc évident que le nouveau microcyte, étant égal au microcyte primitif, donnera lieu aux mêmes transformations et, par suite, à la formation d'un nouveau macrocyte.

Sur ces entrefaites, l'ancien macrocyte a disparu par dégénération. Il s'agit là d'un phénomène parfaitement comparable à la mort des cellules somatiques des Métazoaires, et nous pouvons trouver une explication de cette mort naturelle et fatale dans les causes mêmes qui amènent fatalement la mort du soma des êtres pluricellulaires.

En effet, si, à chaque division de l'Infusoire, les deux macrocytes qui en dérivent étaient identiques au macrocyte primitif et égaux entre eux, on ne saurait comprendre pourquoi leurs divisions ne se poursuivraient pas indéfiniment. Mais comme, dans notre interprétation chaque macrocyte n'est jamais égal à celui dont il dérive ; comme, à chaque division, le macrocyte procède, lui aussi, tout comme le microcyte, vers un point déterminé qui est le bout de son évolution, on comprend facilement que la série des transformations qu'il peut accomplir doit avoir des limites. Et ces limites seront évidemment déterminées par la constitution chimique du bioplasma du macrocyte, parce que de celle-ci est étroitement dépendante la nature des transformations qu'il pourra subir.

D'où l'on conçoit encore que, la constitution bioplasmatique du macrocyte étant différente chez les diverses espèces d'Infusoires, les limites de leur vie naturelle seront, elles aussi, différentes, et que la mort naturelle, la dégénération du macrocyte, n'interviendra qu'après un nombre de divisions déterminé pour chaque espèce.

Quant aux Vorticelliens, les phénomènes de la conjugaison se passent fondamentalement de la même manière, les différences accompagnant la conjugaison et la formation des macrocytes nouveaux n'étant que des modalités dont l'importance est tout-à-fait secondaire.

Malheureusement, nos connaissances actuelles sur le rajeunissement des espèces de ce groupe ne sont ni complètes ni exactes. Il faut donc que d'autres recherches soient entreprises et que toute l'attention soit reportée sur le moment où les deux divisions successives, résultant de l'addition bio moléculaire, vont avoir lieu.

En résumé, nous pouvons donc conclure:

1° *Le corps des Infusoires est parfaitement comparable à celui des Métazoaires: le microcyte avec son micronucléus correspond aux cellules sexuelles des Métazoaires; le macrocyte avec son macronucléus, aux cellules somatiques; le macrocytode et ses organites, aux différenciations histologiques caractérisant le soma.*

2° *Un parallélisme parfait entre les Infusoires et les Métazoaires est aussi possible au point de vue physiologique.*

3° *Les divisions des Infusoires et, par suite, du microcyte qu'ils comportent, représentent les phases de leur période de préparation sexuelle. Cette période, tout comme chez les Métazoaires, est en même temps la période de multiplication.*

4° *Le développement suivi par les Infusoires dans leur préparation sexuelle est très probablement le développement monodique. Celui ci seul peut expliquer tous les phénomènes accompagnant leur évolution.*

5° *Les Infusoires ne sont pas moins mortels que les Métazoaires, et la mort est, pour eux aussi, une conséquence fatale et inévitable de leur constitution même et de leur développement.*

6° *Les individus issus d'un seul progéniteur peuvent être tous du même sexe ou de sexe différent. Cela dépend de l'espèce que l'on considère et des conditions du milieu.*

7° *Les périodes de préparation sexuelle ne peuvent être de la même longueur dans le sens mâle et dans le sens femelle.*

8° *Les phénomènes intimes de la conjugaison sont parfaitement les mêmes que ceux de la fécondation. Dans chaque microcyte, arrivé à la phase de maturation sexuelle, a lieu l'addition biomoléculaire, avec des résultats parfaitement analogues à ceux de la maturation des cellules sexuelles. D'où les deux divisions successives du microcyte, la disparition dans le microcyte mâle des biomolécules femelles et viceversa, la nécessité de l'union des microcytes complémentaires pour la reconstitution d'un microcyte égal au primitif.*

9° *Par le fait même de cette reconstitution, l'Infusoire ex-conjugué est ramené à la phase initiale de son développement, tout comme l'était son progéniteur, d'où la possibilité de suivre à son tour une évolution égale à celle que son progéniteur même a suivie.*

Nous venons de voir, dans cette partie de mon travail, comment dans l'organisme peuvent se former des cellules capables de régénérer un autre individu égal à celui-là même dont elles sont issues. Nous avons vu que cette fonction très importante, la reproduction, ne consiste que dans la formation dans l'organisme d'une cellule égale à celle même dont il est dérivé. On conçoit donc facilement que s'il en était toujours ainsi, tous les individus des différentes générations devraient être parfaitement identiques entre eux.

Nous avons donc fait complètement abstraction de toute variation, c'est-à-dire que nous avons envisagé les phénomènes de la reproduction à un point de vue tout-à-fait idéal et théorique. Nous avons en somme suivi la même méthode que les physiciens dans l'étude des problèmes complexes de la physique et de la mécanique. C'est, à mon avis, la meilleure méthode : car elle nous permet d'étudier un phénomène, quelque complexe qu'il puisse être, avant tout dans sa nature même, indépendamment de toutes les autres conditions pouvant in-

fluer sur ses manifestations; elle nous permet en outre de pouvoir introduire dans la formule qui nous en représente exactement le cours idéal tous les autres facteurs dont on doit étudier et déterminer l'action.

Afin de compléter notre étude, nous devons donc y ajouter l'examen des actions pouvant modifier plus ou moins profondément le cours normal et idéal du phénomène fondamental biologique, et déterminer aussi exactement que possible la valeur de ces actions et des conséquences qui peuvent en dériver. C'est ce que nous tenterons de faire dans la IV et dernière partie de ce travail: LA VARIATION ET L'ORIGINE DES ESPÈCES.

FIN DE LA IIIe PARTIE.